

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

HORNICKO – GEOLOGICKÁ FAKULTA

Institut geologického inženýrství

POSOUZENÍ KVALITY VODY KE KOUPÁNÍ V PŘÍRODĚ V

MORAVSKOSLEZSKÉM KRAJI

EVALUATION OF WATER QUALITY FOR BATHING IN FREE NATURE AT

MORAVIAN-SILESIAN DISTRICT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor:

Radka Honyszová

Vedoucí práce:

prof. Ing. Helena Raclavská CSc.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Hornicko-geologická fakulta  
Institut geologického inženýrství

## Zadání bakalářské práce

Student: **Radka Honyszová**  
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny  
Studijní obor: 3914R024 Krajinné vodní hospodářství  
Téma: Posouzení kvality vody ke koupání v přírodě v Moravskoslezském kraji  
Evaluation of Water Quality for Bathing in Free Nature at  
Moravian-Silesian District  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl práce
2. Koupání ve volné přírodě
  - 2.1 Výběr lokalit pro koupání ve volné přírodě v MSK
  - 2.2 Faktory ovlivňující kvalitu rekreačních vod
  - 2.3 Eutrofizace
  - 2.4 Zdravotní rizika
3. Kritéria pro hodnocení kvality vod pro koupání ve volné přírodě
  - 3.1 Sledované parametry
  - 3.2 Metody monitorování kvality vod
  - 3.3 Požadavky na hodnocení kvality
4. Vývoj hydrometeorologické situace během monitorovaného období
5. Charakteristika vybraných objektů pro sledování kvality vody
6. Porovnání změn sledovaných parametrů v čase
7. Identifikace rozdílů mezi kvalitou vod ve sledovaných nádržích
  - 7.1 Nápravná opatření
  - 7.2 Vliv klimatických podmínek na vývoj kvality vod
8. Závěr

Rozsah závěrečné práce 35-50 normostran.

Seznam doporučené odborné literatury:

Literatura

- Kalinová M. et al. (2009): Profil vod ke koupání, jeho náplň a popis. VUV T.G.M., Praha, ISBN 978-80-87402-00-9
- López L., Álvarez C., Gil J.L., José A. Revilla J.A. Does the bathing water classification depend on sampling strategy? A bootstrap approach for bathing water quality assessment, according to Directive 2006/7/EC requirements. Journal of Environmental Management. 111 (2012) 236-242
- Lürling M., van Oosterhout F. Controlling eutrophication by combined bloom precipitation and sediment phosphorus inactivation. Water Research, V.47 (2013) 6527-6537
- Lušic D., Denis Pešut D., Mirovic V., Glad M., Bilajac L., Peršić V. Evaluation of equivalence between different methods for enumeration of fecal indicator bacteria before and after adoption of the new Bathing Water Directive and risk assessment of pollution. Marine Pollution Bulletin. 73 (2013) 252-257
- Mansilha C.R., Coelho C.A., Reinas A., Moutinho A., Ferreira S., Pizarro C., Tavares A.: Salmonella: The

forgotten pathogen: Health hazards of compliance with European Bathing Water Legislation. Marine Pollution Bulletin. V.60 (2010) 819–826  
Meinikmann K., Hupfer M., Lewandowski J. Phosphorus in groundwater discharge – A potential source for lake eutrophication. Journal of Hydrology. V.524 (2015) 214–226  
Quilliam R.S., Kinzelman J., Brunner J., Oliver D.M. Resolving conflicts in public health protection and ecosystem service provision at designated bathing waters. Journal of Environmental Management. 161 (2015) 237–242  
Schets F.M., Schijven J.F., de Roda Husman A.M. Exposure assessment for swimmers in bathing waters and swimming pools. Water Research. V.45, 2392–2400  
Zhang W., Wang J., Fan J., Gao D., Hongyan J. Effects of rainfall on microbial water quality on Qingdao No. 1 Bathing Beach, China. Marine Pollution Bulletin. V.66 (2013) 185–190

<http://www.khsjih.cz/koupaci-plochy/soubory/koupaci-vody.pdf>  
<http://www.eea.europa.eu/themes/water/interactive/bathing/state-of-bathing-waters>  
<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-238#cast2>  
<http://www.eoearth.org/view/article/152690/>  
[http://www.mzcr.cz/verejne/obsah/koupani-v-prirode-aktualni-kvalita-vody\\_1073\\_5.html](http://www.mzcr.cz/verejne/obsah/koupani-v-prirode-aktualni-kvalita-vody_1073_5.html)  
[http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/info\\_listy/Kvalita\\_rekreacni\\_vody\\_2011.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/info_listy/Kvalita_rekreacni_vody_2011.pdf)

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Helena Raclavská, CSc.**

Datum zadání: 31.10.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017



doc. Ing. Petr Skupien, Ph.D.  
pověřený vedením institutu



prof. Ing. Jaroslav Dvořáček, CSc.  
pověřený vedením fakulty

## PROHLÁŠENÍ

- Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 28. 4. 2017

.....

Honyszová Radka

## PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucí práce prof. Ing. Heleně Raclavské CSc. za pomoc při shánění dat a za poskytnutí cenných rad týkajících se zpracování dané problematiky.

Dále panu Ing. Marku Štrajtovi ze státního podniku Povodí Odry, Janě Košárkové a Ing. Vladimíře Němcové ze státního podniku krajské hygienické stanice se sídlem v Ostravě za poskytnutí dat použitých ke zpracování teoretické části této bakalářské práce.

V neposlední řadě děkuji mé rodině a přátelům za podporu a trpělivost v celé délce studia i při jeho ukončování.

## ANOTACE

Tématem bakalářské práce je kvalita přírodních koupacích vod v Moravskoslezském kraji se zaměřením na problematiku eutrofizace povrchových vod a důsledky cyanotoxinů na zdraví obyvatelstva. V závěru práce je hodnocena kvalita vody na VN Slezská Harta a VN Žermanice za období let 2011 až 2016 a na VN Olešná za roky 2011 až 2015. Cílem této bakalářské práce bylo zjištění a zhodnocení kvality vody těchto tří sledovaných nádrží.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Moravskoslezský kraj, VN Slezská Harta, VN Žermanice, VN Olešná, rekreace, kvalita vody, eutrofizace, cyanotoxiny

## SUMMARY

The topic of the bachelor thesis is the quality of natural bathing water in the Moravian-Silesian region, focusing on the issue of eutrophication of surface waters and the consequences of cyanotoxins on the health of the population. At the end of the thesis the quality of water is evaluated on the water reservoir Slezská Harta and the water reservoir Žermanice for the period 2011-2016 and on the water reservoir Olešná for the period 2011 to 2015. The aim of this bachelor thesis was determination and evaluation of water quality at three monitored water reservoirs.

## KEYWORDS

Moravian-Silesian region, water reservoir Slezská Harta, water reservoir Žermanice, water reservoir Olešná, recreation, water quality, eutrophication, cyanotoxins

## OBSAH

1	Úvod a cíl práce .....	1
2	Koupání ve volné přírodě .....	2
2.1	Druhy míst ke koupání, koupací sezóna a monitorovací kalendář.....	2
2.2	Výběr lokalit pro koupání ve volné přírodě v MSK .....	3
2.3	Faktory ovlivňující kvalitu rekreačních vod .....	4
2.4	Posuzované vlastnosti rekreačních vod.....	4
2.5	Eutrofizace .....	6
2.6	Zdravotní rizika.....	8
3	Kritéria pro hodnocení kvality vod pro koupání ve volné přírodě .....	15
3.1	Sledované parametry .....	17
3.2	Metody monitorování kvality vod.....	18
3.3	Požadavky na hodnocení kvality.....	19
4	Vývoj hydrometeorologické situace během monitorovaného období .....	22
5	Charakteristika vybraných objektů pro sledování kvality vody .....	26
5.1	Geologická charakteristika.....	26
5.2	Geomorfologická charakteristika .....	28
5.3	Klimatická charakteristika .....	29
5.4	Hydrologická charakteristika .....	31
5.5	Pedologická charakteristika .....	31
5.6	Charakteristika jednotlivých nádrží .....	35
5.7	Parametry všech tří VN:.....	36
6	Porovnání změn sledovaných parametrů v čase .....	37
7	Identifikace rozdílů mezi kvalitou vod ve sledovaných nádržích.....	42
7.1	VN Slezská Harta [46] .....	42
7.2	VN Žermanice [46] .....	44
7.3	VN Olešná [46] .....	45
7.4	Vliv klimatických podmínek na vývoj kvality vod.....	46

7.5	Nápravná opatření .....	48
8	Závěr .....	49
9	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	50
10	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	54
11	SEZNAM TABULEK .....	55
12	SEZNAM PŘÍLOH.....	56



## SEZNAM ZKRATEK

ČHMÚ – český hydrometeorologický ústav

ČOV – čistírna odpadních vod

ČR – Česká republika

KHS – krajská hygienická stanice

LD – letální dávka

LPS – lipopolysacharidy

MSK – Moravskoslezský kraj

MZ – Ministerstvo zdravotnictví

MZe – Ministerstvo zemědělství

MŽP – Ministerstvo životního prostředí

N – dusík

P – fosfor

VN – vodní nádrž

VT – vodní tok

## 1 Úvod a cíl práce

Předpokladem pro existenci života na Zemi je především voda. Ta je z 97 % zastoupena ve světovém oceánu, na sladkovodní zdroje tedy připadají méně než 3 % celkového množství vody na planetě; z toho je naprostá většina uložena v ledovcích. [1]

Voda je sice všudypřítomná, ale její vysoká kvalita, na kterou jsme zvyklí například v České republice, v okolním světě – zejména v tom rozvojovém – už tak samozřejmá není. Na její udržení jsou vynakládány stále větší prostředky a úsilí. Procesu postupného znehodnocení kvality vody v přírodě lze zabránit jen v omezené míře. Hlavním faktorem, který negativně ovlivňuje jakost vody a tudíž i její následné využití, je kontaminace nežádoucími látkami organického či anorganického původu [2], které v konečném důsledku způsobují nadměrné a nežádoucí zvyšování úživnosti vody (tzv. eutrofizaci) se zvýšením zdravotních rizik.

I přesto je koupání ve volné přírodě pro rekreanty bezpečné, jelikož je kvalita vody pravidelně sledována krajskou hygienickou stanicí (KHS) v předem určeném rozsahu stanoveném příslušnou legislativou, která bude popsána v dalších částech práce. Tam jsou také uvedeny rozdíly mezi stanovovanými parametry na koupalištích a ve vodách ve volné přírodě.

Cílem této bakalářské práce je posouzení kvality koupacích vod v Moravskoslezském kraji. K tomuto účelu byla vybrána trojice vodních nádrží Slezská Harta, Žermanice a Olešná, z nichž každá má svá specifika související s daným umístěním v krajině, rozdílným geologickým, geomorfologickým, klimatickým, hydrologickým a pedologickým podmínkám, stejně jako odlišnostem v samotných parametrech jednotlivých nádrží.

Použitá data vycházejí z monitorovacího období koupacích sezón 2011-2016. Údaje mi byly poskytnuty Krajskou hygienickou stanicí se sídlem v Ostravě a státním podnikem Povodí Odry. Další informace jsem získala studiem odborné literatury uvedené v závěru mé bakalářské práce.

## 2 Koupání ve volné přírodě

Voda jako nezbytný a základní životodárný zdroj, který spolu s atmosférou vytváří na planetě Zemi jedinečné prostředí ke zrodu a vývoji všech živých organismů, už od nepaměti slouží lidstvu nejen k samotnému přežití, získávání obživy a obstarání hygieny, ale i k rekreaci, ať už pobytem v ní nebo k provozování nejrůznějších sportovních aktivit.

V minulosti lidé trávili horké letní dny převážně u vodních toků. Hojně vyhledávána byla zejména snadno dostupná místa podél řek v blízkosti obydlí. V důsledku rozvoje těžkého průmyslu ve druhé polovině minulého století v našem kraji se kvalita tekoucích vod rapidně zhoršovala a tak se lidé postupně přesouvali k nově budovaným vodním nádržím. I přes návrat kvality vody v řekách k dnes akceptovatelným standardům řada obyvatel dává přednost jiným možnostem rekreačního vyžití – u stojatých vodních ploch, a to především kvůli zázemí pro rekreanty, vyšší teplotě vody nebo dobré dostupnosti.

Odhlédneme-li od dříve oblíbených betonových koupališť, budovaných ve 20. století takřka v každém větším městě, jež se těšily značnému zájmu obyvatel a do dnešních dnů se vesměs nezachovaly, či dnes naopak moderních aquaparků s veškerým vybavením nebo rodinných bazénů na soukromých pozemcích, upírá se pozornost nemalého počtu letních návštěvníků k uměle vytvořeným přírodním vodním plochám.

### 2.1 Druhy míst ke koupání, koupací sezóna a monitorovací kalendář

Tyto přírodní plochy vyhledávané v letních měsících za účelem koupání lze dle Vyhlášky č. 238 ze dne 10. srpna 2011 *o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch* (dále jen vyhláška) zařadit podle zákonného statutu do několika kategorií: [3, 4, 5]

#### *A, Přírodní koupaliště*

Jsou taková místa, za která má zodpovědnost jejich provozovatel. Ten prostřednictvím příslušných orgánů zabezpečuje pravidelný monitoring kvality vody a další povinnosti spojené s koupáním (sběr odpadků, provoz záchodů a údržba ploch na koupališti, sprch a převlékacích kabin). Za tyto služby ukládané Zákonem č. 258 ze dne 14. července 2000 *o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů* (dále jen zákon) a již citovanou vyhláškou provozovatel požaduje od návštěvníků vstupné. KHS může z určitých důvodů zakázat rekreaci třeba jen vybrané skupině lidí (děti, těhotné ženy, starší lidé). Informace o aktuálním stavu kvality vody je na přírodním koupališti k dispozici.

#### *B, Koupací oblasti (nebo též přírodní koupaliště bez provozovatele)*

Patří sem místa s významným počtem koupajících se osob, která orgány státní správy zařadily na seznam sledovaných míst. Na první pohled nemusí být patrný rozdíl od přírodního koupaliště, neplatí se zde však vstupné, neboť povinnosti s monitoringem kvality vody ze zákona zajišťuje příslušná KHS. Ta v odůvodněných případech vydává zákaz koupání, který je vyvěšen na úředních deskách příslušných obcí – rekreanti pak jednají na vlastní riziko.

### *C, Ostatní vodní plochy*

Patří sem všechny ostatní plochy, kde není koupání výslovně zakázáno. V tomto případě se jedná o obecné užívání vod, kde kvalita vody není nijak a nikým sledována. Zodpovědnost za koupání zde nesou samotní koupající.

Vedle vyjmenovaných vodních ploch ke koupání existují ještě *umělá koupaliště* (kryté nebo venkovní bazény s upravovanou vodou). Provozovatel je povinen dodržovat kvalitu vody dle přísnějších požadavků.

Jakost vod, ať už pitných nebo koupacích, je přísně sledována již zmiňovanou vyhláškou. Koupací vody musí splňovat tam stanovené limity. Tato vyhláška upravuje jak pravidla pro monitorování (četnost i rozsah kontrolních rozborů vody) a posuzování jakosti povrchových vod ke koupání, tak také kritéria pro jejich klasifikaci. [4] Vychází ze Zákona č. 258/2000 Sb., kde se v § 6g mj. ukládá MZ povinnost ve spolupráci s MŽP a MZe jednak sestavit seznam monitorovaných povrchových vod určených ke koupání (pojednáno v kapitole 2.2) a stanovit dobu trvání koupací sezóny. Jsou zde vyjmenovány i další povinnosti ve vztahu k Evropské komisi. [6]

*Koupací sezóna* trvá zpravidla - pokud není uvedeno jinak - od 30. května do 1. září nebo zahrnuje období, během něhož se dá očekávat velký počet koupajících. [7]

Pravidelně vždy před jejím začátkem je příslušnou KHS sestaven tzv. *monitorovací kalendář* a v souladu s ním následně prováděn kontrolní odběr jakosti vody. Ten je zpracován ve formě veřejné vyhlášky, kterou vydává příslušná KHS coby souhrn opatření obecné povahy příslušné koupací sezóny. Stručně řečeno obsahuje: co, kde a s jakou četností se měří a kde je tato veřejná vyhláška vyvěšena. V případě zhoršení kvality nebo jejího předpokladu lze dobu mezi plánovaným vzorkováním zkrátit.

## **2.2 Výběr lokalit pro koupání ve volné přírodě v MSK**

Každoročně je ze strany MZ vydáván *seznam přírodních koupališť na povrchových vodách, ve kterých nabízí službu koupání provozovatel a dalších povrchových vod ke koupání* schválený hlavním hygienikem ČR. Pro rok 2016 bylo v MSK stanoveno 21 míst,

kde probíhal pravidelný monitoring pod vedením KHS dle monitorovacího kalendáře a jehož výsledky byly aktualizovány po provedených odběrech vždy na konci pracovního týdne. [10]

Pro účely této bakalářské práce byly z uvedeného seznamu vybrány tři z nich: VN Slezská Harta, VN Žermanice a VN Olešná.

## 2.3 Faktory ovlivňující kvalitu rekreačních vod

K faktorům ovlivňujícím kvalitu stojatých vod obecně patří technické parametry nádrží jako je jejich hloubka, dále pak přírodní podmínky – charakter dnového sedimentu, geologického podloží, strmost a porost břehů. Z hydrometeorologických charakteristik kvalitu vody v nádrži významně ovlivňují srážky, atmosférické depozice jimi nesené a přímý sluneční svit. [8]

## 2.4 Posuzované vlastnosti rekreačních vod

Vedle ryze fyzikálních a chemických vlastností, jako je například vodivost, pH, zastoupení jednotlivých prvků, hodnotíme kvalitu vody rovněž na základě mikrobiologického rozboru přítomných organismů. Nedílnou součástí každého posouzení kvality je také stanovení organoleptických vlastností vody, jakými jsou teplota, barva, zákal, pach a chuť. [8]

V této kapitole podrobně popisují pouze organoleptické charakteristiky (ovlivňující smyslové orgány) v kapitole 3.1 pak další parametry sledované vyhláškou (mikrobiologické ukazatele, průhlednost a vodní květ, sinice, chlorofyl-a, mikroskopický obraz, znečištění odpady a přírodní znečištění).

### Teplota

Teplota patří k velmi významným ukazatelům jakosti vody, v povrchových vodách totiž ovlivňuje rozpustnost kyslíku a rychlost biochemických pochodů, tedy chemickou a biochemickou reaktivitu. Pod 5°C probíhají biochemické procesy jen velmi zvolna, zatímco při 20°C může být jejich rychlost několikanásobně vyšší. [8]

Vzhledem k případnému tepelnému znečištění, kdy jsou do povrchových vod vypouštěny oteplené odpadní vody, je Nařízením vlády č. 401 ze dne 14. prosince 2015 *o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech* stanovena maximální povolená teplota při vypouštění odpadních vod do recipientu, kdy nesmí být překročena výsledná teplota tímto ovlivněného toku nad 29°C. [9]

V hlubších nádržích dochází během roku k teplotní stratifikaci. V tomto procesu hraje roli anomální chování vody, kdy při 4°C je její hustota nejvyšší. Vodní nádrž je rozdělena do tří částí – epilimnion (horní vrstva), metalimnion (skočná vrstva) a hypolimnion (spodní vrstva). Teplotní stratifikace se odehrává ve čtyřech fázích podle ročního období: při letní a zimní stagnaci se voda v nádrži nepromíchává a horní se spodní vrstvou jsou rozděleny metalimnionem. U dna nádrže jsou konstantně 4°C. V létě je epilimnion podstatně teplejší, v zimě se situace mění a rozvrstvení je inverzní, teplota však u dna zůstává. V období jarní a podzimní cirkulace se voda vlivem větrů a podobné teploty v celém svém profilu promíchává. [8]

## Barva

Barva vody je buď skutečná nebo zdánlivá, přirozeného či antropogenního původu. Mezi přirozené látky zbarvující vodu do žluta až žlutohněda patří huminové látky. Žlutá a žlutohnědá barva odpovídá také fenolovým odpadním vodám či vodám odváděným z výroby celulózy.

Rozdíl mezi barvou skutečnou a zdánlivou je v nerozpuštěných částicích, zpravidla koloidního charakteru. O jaké zbarvení se jedná, lze zjistit pomocí filtrace. Klasickým příkladem zdánlivé barvy vody je voda zelená až modrozelená v silně eutrofizovaných nádržích zapříčiněná zvýšenou přítomností řas a sinic. [8]

## Zákal

Zákal čili snížení průhlednosti vody patří k běžně stanovovaným veličinám při rozboru vody. Čirost je základním požadavkem na pitnou, koupací a provozní vodu. Zákal vody může být stejně jako barva organického nebo antropogenního původu v rozpuštěné či nerozpuštěné koloidní formě. Mezi látky způsobující zákal řadíme jílové částice, hydratované oxidy železa a manganu, bakterie, řasy a sinice. [8]

## Pach

Páchnoucí voda nemusí být nutně zdravotně závadná, působí ale odpudivě. Zdroje pachů přírodních vod mohou být biologického původu nebo mohou být způsobeny látkami obsaženými ve splaškových a průmyslových odpadních vodách.

Ve stojatých vodách dochází na přelomu jara a léta k rozvoji řas a sinic (fytoplanktonu). Z jejich metabolismu a především při odumírání těchto mikroorganismů se dostávají do vody mnohdy toxické organické produkty způsobující zhoršení organoleptických vlastností vody. Druh a intenzita pachu závisí na dané skupině organismů a jejich aktuálním stupni vývoje.

Zápach vod se stanovuje senzorickou analýzou a hodnotí se jako zemitý, fekální, hnilobný, plísňový, rašelinový nebo přívlastkem dominantní chemické látky. [8]

### Chuť

K pachu se váže i specifická chuť vody. Změna chuti může nastat při rozdílném minerálním složení, především je ovlivňována přítomností vápníku, hořčíku, železa, manganu, zinku, mědi a v neposlední řadě obsahem chloridů, síranů, hydrogenuhličitanů a oxidu uhličitého. S chutí úzce souvisí i pH vody, ideální je kolem neutrální hodnoty, tedy od 6,5 do 7,5. Při zdravotní nezávadnosti vody se test chuti provádí pomocí senzorické analýzy. Chuť vody se hodnotí nejenom jako sladká, slaná, kyselé a hořká, ale může mít i přívlastek chuti svíravé, kovové, zemité, trpké, louhovité nebo železité. [8]

## 2.5 Eutrofizace

Eutrofizace je složitý přírodní proces způsobený především nadměrným přísunem nutrientů do vody. Zjednodušeně řečeno se jedná v hlavní míře o sloučeniny fosforu a dusíku. Vliv na tento proces má ale i doba zadržení vody, její oteplení, změna výšky hladiny a zvýšený výpar se sníženým úhrnem srážek (jeden z projevů klimatických změn). Příčin eutrofizace je mnoho a vždy se jedná o kombinaci více faktorů. [10, 11]. Eutrofizace stojatých vod je ovlivněna hlavně přínosem fosforu z povrchu. Studie Meinikmann et al. (2015) ale uvádí, že významným zdrojem rozpuštěného fosforu z hlediska eutrofizace mohou být i podzemní vody. [12]

S termínem eutrofizace také souvisí limnologický pojem trofie, což je úživnost vody. Nejen ve stojatých vodách se tento jev projevuje nadměrným rozvojem fotosyntetizujících organismů – sinic, řas a nižší vegetace, kdy ke svému vývoji mají dostatek živin. [8]

Eutrofizaci lze rozdělit do dvou skupin podle původu – na přirozenou a antropogenní. Přirozenou eutrofizaci nelze ovlivnit, jelikož je způsobena rozkladem odumřelých vodních organismů a následným transportem sloučenin P a N z půdy a sedimentů naakumulovaných v nádrži. V souvislosti s přirozenou eutrofizací se také hovoří o tzv. stárnutí jezer, což je opět přírodní proces, kdy se stojatá voda postupně zanáší sedimenty a současně se mění z oligotrofního na eutrofní typ. [8]

Antropogenní neboli indukovaná eutrofizace je výsledkem lidských činností, kdy se do vody dostávají již zmíněné sloučeniny pomocí splachů z intenzivně hnojených zemědělských pozemků. Dalším zdrojem jsou vody vypouštěné z prádeln či průmyslu a nedostatečně upravené odpadní vody z ČOV. V neposlední řadě přispívají ke zrychlení tohoto procesu i atmosférické depozice se zvýšeným obsahem sloučenin N a P. [10]

Každý vodní útvar lze charakterizovat pomocí trofického potenciálu, což je ukazatel živin biologicky využitelných ve vodě. Vody se tedy rozdělují do následujících kategorií, a to pomocí koncentrace fosforečnanového fosforu uvedených v mikrogramech na litr: [8]

- Ultraoligotrofní (<4)
- Oligotrofní (<10)
- Mesotrofní (10-35)
- Eutrofní (35-100)
- Hypertrofní (>100)

Eutrofizovaná voda je díky svému bohatému obsahu živin charakteristická velkou primární a sekundární produkcí, tak jako produkcí ryb (na rozdíl od vod oligotrofních).

K určení limitujícího prvku eutrofizace slouží Redfieldův poměr, neboli molární poměr celkového dusíku k celkovému fosforu (N:P). Pokud je ve vodě  $N:P > 16$ , limitujícím prvkem je fosfor, v opačném případě se jedná o dusík. [5] Ve většině nádrží v ČR, tak jako v našich třech zkoumaných VN, je limitujícím prvkem eutrofizace fosfor. Hodnoty N:P leží v rozsahu na VN Slezská Harta 15 až 279, na VN Žermanice 16 až 367 a na VN Olešná 24 až 180. [13]

Mezi hlavní projevy eutrofizace se řadí nadměrný výskyt fytoplanktonu, přítomnost vodního květu na hladině nebo také následné vyčerpání rozpuštěného kyslíku z hypolimnia (nejnižší vrstva) a tím způsobená snížená druhová diverzita. [14]

V eutrofizovaných nádržích dominují drobné planktonní řasy způsobující vegetační zákal, větší koloniální sinice charakteristické schopností tvořit vodní květ na hladině, bentické sinice a rozsivky tvořící tzv. hladinové koberce, které následně ovlivňují výměnu plynů mezi atmosférou a vodou a v neposlední řadě je zde zastoupena ve větší míře vyšší vodní vegetace. [15]

Problematika eutrofizace je mj. řešena v literatuře [16, 17]

### Sinice a řasy

Řasy (latinsky Algae, řecky Phykos) a sinice (Cyanobakteria) jsou jednoduché fotosyntetizující organismy. Tyto dvě skupiny jsou si velmi podobné, liší se však svým taxonomickým zařazením na základě přítomnosti, resp. nepřítomnosti jádra. Eukaryotní řasy se řadí mezi rostliny, prokaryotní sinice mezi bakterie. [18]

Sinice jsou velmi odolné a evolučně staré mikroorganismy se složitou taxonomií. V literatuře se udává minimální počet rodů kolem dvou set, počet druhů v řádech několika tisíců. Název vychází z řeckého slova cyanos, což je v překladu modrý (neboli sinný). Jejich stavba je velmi jednoduchá. Sinice obsahují thylakoidy – centra fotosyntetických



reakcí, na nichž se nachází fykobilizómy, složitě vinutou kruhovou molekulu DNA, neoddělenou žádnou jadernou membránou. [18]

Sinice tvoří 3 specifické struktury: Aerotopy, Heterocyty a Akinety. **Aerotopy** jsou válcovité buňky složené z glykoproteinů umožňující propouštění všech plynů rozpuštěných ve vodě. Tato skutečnost dovoluje sinicím pohyb napříč vodním sloupcem. **Heterocyty** jsou tlustostěnné buňky (vzniklé z vegetativních buněk) sloužící k fixaci vzdušného dusíku a následné přeměně na amoniak, který je posléze transportován do sousedních buněk. Poslední uvedenou strukturou jsou **akinety** (vzniklé sloučením více vegetačních buněk) umožňující přežití v extrémních podmínkách i několik desítek let. [19]

Sinice se rozdělují do dvou subpopulací, a to do pelagické (výskyt napříč vodním sloupcem) a bentické (sinice v sedimentech na dně nádrže). Masivní rozvoj vodního květu bývá indikován přítomností zeleného povlaku na hladině tvořeného malými jehličkami či krupicí. Mezi nejčastější rody sinic tvořící toxický vodní květ patří *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Nodularia*, *Planktothrix* a *Woronichinia*. [15, 20]

Na všech třech VN se během monitorovaného úseku vyskytovaly v různém množství a období následující řasy: zelené řasy (*Chlorophyta* sensu lato), krásnoočka (*Euglenozoa*), skrytěnky (*Cryptophyta*), obrněnky (*Dinophyta*) a rozsivky (*Diatomeae*). Ze sinic byly přítomné některé z uvedených rodů (v závislosti na odběrném místě a čase) *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Woronichia*, *Snowella*, *Limnothrix* a *Planktothrix*. [19]

## 2.6 Zdravotní rizika

Zdravotní rizika jsou ve vodách využívaných ke koupání spojena hlavně s šířením bakterií a patogenních organismů. Cílem monitorování kvality vod určených ke koupání ve volné přírodě je zabezpečit dostatečnou ochranu zdraví. Mikrobiologická kvalita vody se mění velmi rychle při intenzivním dešti nebo při záplavách. Výzkumy v období bez srážek prokázaly, že koncentrace enterokoků jsou výrazně nižší než fekálních koliformních bakterií. V těchto dnech je kvalita vody ovlivňována hlavně polutanty, jejichž nositeli jsou koupající se osoby. V období se srážkovou činností byla prokázána pozitivní korelační závislost s nárůstem bakteriální aktivity. Se vzdáleností od břehu klesá množství identifikovaných bakterií. [21]

Předpokládá se, že vody určené ke koupání nikdy neobsahují patogenní organismy v takovém množství, aby způsobily neakceptovatelná zdravotní rizika pro plavce. Výzkum expozice patogenními organismy pro plavce, je ale nedostatečný. Nejčastějšími zdravotními problémy spojené s výskytem patogenních organismů jsou gastroenteritida – střevní chřipka, která je způsobena bakteriemi, viry nebo parazity fekálního původu, dále kožní onemocnění, které je způsobeno infekcí *Pseudomonas aeruginosa*. [22]

Cyanobakterie jsou autotrofní organismy, vylučující ze svého metabolismu širokou škálu biologicky aktivních látek, jako jsou vitamíny, hormony, enzymy, antibiotika, polysacharidy, oligosacharidy, proteiny, organické kyseliny, aminokyseliny, peptidy, pachy, pachutě. K nim se řadí rovněž škodlivé cyanotoxiny negativně ovlivňující své bezprostřední okolí. [23]

Problematika toxinů sinic se stává prioritní ve vodárenském výzkumu z technologického, toxikologického a ekologického hlediska. Nejen v České republice, ale i v celosvětovém měřítku se jedná o rychle se rozvíjející vědní obor.

Toxicita sinic se lidem dostala do povědomí díky bezpočtu zdokumentovaných úmrtí jak lidí, tak především zvířat. Vděčíme také důkazům vlivů cyanotoxinů na imunitní systém a s tím spojenými alergickými reakcemi. Existují také svědectví o funkci stimulace rakovinných procesů nebo potratů vinou dlouhodobého pití vody kontaminované cyanotoxiny. [18]

### Historický vývoj

Výskyt sinic a jejich toxicita není pro ČR žádným novým zjištěním. První průzkumy na našem území proběhly již roku 1959-1960. Srovnání a vývoj toxicity jsou uvedeny v tabulce 1, z níž vyplývá, že masový rozvoj cyanobakterií má trvalou a vzestupnou tendenci. [14]

Tab. 1 - Výskyt toxických cyanobakterií (1959-1999) [14]

Období	Země	Toxické populace cyanobakterií v %
1959-1960	ČSSR	75
1994-1995	ČR	82
1996-1998	ČR	86
1999	ČR	87
1991-1995	Německo	72
1990-1996	Kanada	95

Na přelomu 50. a 60. let byla provedena první studie na našem území týkající se cyanotoxinů. Byly sledovány toxické vodní květy. 48% připadalo na **Aphanizomenon flos aquae**, 20 % na **Microcystis aeruginosa** a 16 % na **Anabaena flos aquae**. Toxické reakce způsobovaly také rody *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Coelosphaerium* a *Haematococcus*. Alergické

reakce byly zkoumány na lidech, zatímco toxicita na myších. Tak například z podaných 25 vzorků byly pro myši smrtelné celé tři čtvrtiny z nich. [14]

V letech 1960 a 1961 byly odebrány vzorky z 67 nádrží, z toho 57 ležících na území dnešní ČR. V 66% byl zaznamenán masový nárůst sinic. V roce 1994 už procento nálezu na 78 nádržích bylo vyšší, a to 73%. [14]

V rozmezí let 1993-1998 se vyskytovalo na nádržích v ČR 84% toxických populací cyanobakterií. [14]

V létě 1999 byl zaznamenán na 83 % nádrží v ČR masový rozvoj cyanobakterií (tedy více než 100 000 buněk/ml, dle normy WHO) s dominujícími druhy rodů **Microcystis**, **Planktothrix** a **Anabaena**. Toxikologické analýzy prokázaly, že 87 % populací obsahuje hepatotoxické microcystiny. [14]

V průběhu čtyřicetiletého výzkumu z let 1959 až 1999 se změnily způsoby zkoumání účinků (přechod z testování na myších na živé tkáně *in vitro*). Zároveň bylo prokázáno, že ve sledovaném období se zvýšilo zdravotní riziko obyvatel negativním ovlivněním cyanobakteriemi v důsledku dominantního výskytu na více nádržích v ČR. [14]

Srovnáme-li například dominanty vodních květů sinic, dospějeme ke zjištění, že se v čase mění jejich druhová skladba: zatímco na počátku 60. let dominoval na sledovaných nádržích Aphanizomenon, v pozdějších letech byl postupně nahrazen jinými rody, jako jsou již zmíněné rody Microcystis, Planktothrix a Anabaena. [14]

### Působení cyanotoxinů a jejich popis

Toxiny řas a sinic jsou látky sekundárního metabolismu. Dělíme je buď dle chemické struktury, nebo dle biologické aktivity. Dle chemické struktury jsou rozděleny na alkaloidy, lipopolysacharidy, cyklické a lineární peptidy apod. Dle biologické aktivity rozeznáváme hepatotoxiny, neurotoxiny, mutageny a genotoxiny, dermatotoxiny, imunotoxiny, imunomodulátory, embryotoxiny atd. Jednotlivé toxiny mají smíšenou biologickou aktivitu a jeden rod sinic může souběžně produkovat několik druhů toxinů. [23, 24]

Produkce toxinů je složitý proces modulovaný a spouštěný fyzikálními (dostatečná teplota a přísun světla) a chemickými faktory (dostatek fosforu a nedostatek železa) nebo vlivem biologických interakcí (bakterie na povrchu kolonií sinic, predace).

Mezi nejhojnější toxické metabolity patří hepatotoxiny, které jsou produkovány především rody Anabaena, Microcystis a Planktothrix. Toxiny, jež způsobují změnu v nervové soustavě, nesou název anatoxin a saxitoxin. Jejich hlavními producenty jsou Anabaena, Aphanizomenon, Microcystis, Limnithrix a Cylindrospermopsis. V poslední řadě

obsahují cyanotoxiny také lipopolysacharidy, které jsou přirozenou součástí buněčných stěn cyanobakterií. Ty mají za následek dráždivé účiny a vyvolávání nejrůznějších alergických projevů. Názvy toxinů, jejich hlavní producenti, letální dávka a toxicita jsou uvedeny v tabulce 2.

**Tab. 2 - rozdělení cyanotoxinů podle typů působení na živé organismy [25]**

<b>název toxinu</b>	<b>hlavní producenti</b>	<b>LD50* (mikrogramy na kilo)</b>	<b>toxicita</b>
microcystin	Anabaena, Microcystic, Oscillatoria (Planktothrix), Nostoc, Nodularia, Anabaenopsis, Hapalosiphon	50-1200	hepatotoxicita, nádorově promoční aktivita, indukce oxidativního stresu aj.
anatoxin	Anabaena, Oscillatoria (Planktothrix), Aphanizomenon, Microcystis, Cylindrospermum	200-250	neurotoxicita
anatoxin-a(S)	Anabaena flos-aquae, Anabaena lemmermannii	20	neurotoxicita
saxitoxiny	Aphanizomenon, Anabaena, Lyngbya, Cylindrospermopsis	10	neurotoxicita
lipopolysacharidy	součást buněčné stěny všech cyanobakterií		dráždivé účinky

LD50\* pro myš, intraperitoneální injekce

LD – letální dávka (lethal dose) je dávka látky, která způsobí úhyn 50% testovaných organismů do 24 hodin od expozice. Je udávána v miligramech na kilogram živé hmotnosti. [30]

Obecně platí, že toxiny sinic jsou škodlivější než toxiny bakteriální a slabší než toxiny rostlin a hub. Krátký přehled je uveden v následující tabulce 3.

**Tab. 3 - Porovnání toxicity přírodních látek [25]**

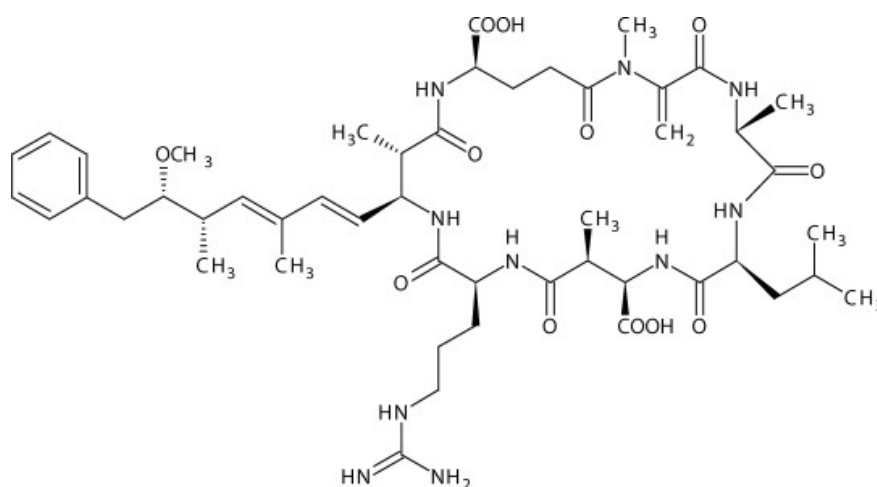
<b>toxin</b>	<b>zdroj</b>	<b>skupina</b>	<b>LD 50</b>
aphanotoxin	Aphanizomenon flos-aquae	sinice	10
microcystin LR	Microcystis aeruginosa	sinice	43

nodularin	Nodularia spumigena	sinice	50
botulin	Clostridium botulinum	bakterie	0,000 03
tetan	Clostridium tetani	bakterie	0,000 1
kobra	Naja naja	had	20
kurare	Chondrodendron tomentosum	rostlina	500
strychnin	Strychos nux-vomica	rostlina	2 000

Tvorbu toxického vodního květu mají nejčastěji na svědomí rody *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Planktothrix* a *Woronichinia*, jak již bylo uvedeno v kapitole č. 2.3. Zajímavá informace vyplývá z experimentu s čistými kulturami. Zatímco přírodní populace vodních květů sinic způsobila testovaným morčatům výrazné až prudké alergické reakce na kůži a v očích, čistá kultura na ně neměla prakticky žádný vliv (na hranici detekce). Stejně výsledky ukazovaly i testy s čistým Microcystinem (o účincích microcystinů v následujícím podbodu). Alergické reakce jsou tedy s největší pravděpodobností způsobeny bakteriemi a dalšími organismy žijícími ve slizu sinic, nebo může jít o dosud neprobádanou obrannou reakci sinic ve styku s jinými organismy. [26]

### Microcystin

Microcystiny jsou nejsledovanější a nejstudovanější skupinou toxinů v ČR. Vyskytují se v zástupcích rodů planktonních, bentických i půdních sinic. Nejdominantnějším druhem rodu *Microcystin* ve vodách na našem území je typ **Microcystin LR**. LR jsou aminokyseliny v polohách 2 a 4, a to L = leucin a R = arginin.



Obr. 1 Struktura - Microcystinu LR [23]

Tyto toxické metabolity sinic jsou poměrně hydrofilní, ve vodě dobře rozpustné, netěkavé a stabilní. Jsou také odolné vůči chemické hydrolyze. Jejich charakteristická vysoká toxicita (především cyklických sloučenin, které jsou 100x toxičtější než sloučeniny lineární) zasahuje primárně jaterní buňky a může vést až k jejich nevratnému poškození. To se děje aktivním příjmem microcystinů z krevního oběhu transportním systémem pro žlučové kyseliny.

V pokusech *in vivo* byl potvrzen microcystin jako silný nádorový promotor, kdy při ústním podání hrubého extraktu microcystinu myším byly vyvolány kožní nádory a při podání čistého preparátu Microcystinu LR vznikala nádor jater. Shodné výsledky ukazují i výzkumy na kozách a krysách v Japonsku, kdy z osmi testovaných látek se ukázal Microcystin LR jako nejsilnější aktivátor růstu rakovinných buněk.

Jak již bylo zmíněno, jeden rod sinic nemusí produkovat pouze jeden druh toxinu. Microcystis LR působí nejen jako hepatotoxin poškozující játra, ale i jako mutagen a genotoxin podporující kancerogenezi (tzv. Tumor Promoting Factors). Mj. působí genotoxicky, kdy způsobuje chromozomové aberace (mutace na chromozomální úrovni), působí také na pohlavní žlázy a na vývoj plodu. V neposlední řadě snižuje imunitní odezvy.

### **Nodularin**

Toxin s označením nodularin produkují mnohé rody sinic, především pak r. *Nodularia* (často současně s microcystinem), jedná se také o cyklický pentapeptid hepatotoxické aktivity.

### **Neurotoxiny**

Neurotoxiny jsou alkaloidy negativně působící na nervový systém. Jsou vylučovány nejen mnoha rody sinic, ale také některými pavouky, štíry, plazy (jako je například kobra královská), rybami či pralesničkovitými žábami ze střední a jižní Ameriky. Jejich biochemismus toxicity je rozdílný, akutní intoxikace se projevuje zadušením. Otrava neurotoxiny je dokládána především intoxikací a následným úhynem hospodářských a divokých zvířat, které měly přístup pouze k takto znehodnoceným vodám.

### **Lipopolysacharidy (LPS)**

Lipopolysacharidy tvoří součást buněčných stěn všech gramnegativních bakterií – sinic. Mají toxické – ne však smrtelné účinky. LPS způsobují střevní a žaludeční záněty, křeče, závratě, nevolnost, teploty i a kožní vyrážky. Na toxikologickém významu nabývají pouze při hojném přemnožení. Jejich struktura ještě nebyla dostatečně probádána.

### **Léčivé metabolity sinic**

Některé metabolity sinic jsou farmakologicky zajímavé a používají se například při vývoji léku proti rakovině (tumor inhibiční látky) nebo HIV (antivirální působení). Jejich účinky mohou být také fungicidní, protizánětlivé či antibakteriální. [19]

### **Vliv cyanotoxinů**

Toxiny sinic nepůsobí negativně pouze na člověka, ale i na bakterie, zooplankton, ryby, obojživelníky či zvířata v jejich bezprostředním okolí. Ne všechny organismy a lidé reagují stejně v důsledku vystavení působení cyanotoxinů. V ohroženější skupině jsou senzitivnější jedinci trpící např. astmatem, kožními potížemi nebo jaterním onemocněním, starší lidé, těhotné ženy a děti. [26]

Mezi symptomy méně závažné otravy cyanobakteriemi se řadí infekční onemocnění projevované střevními a žaludečními potížemi, horečnatá onemocnění, záněty očí, uší a kožní vyrážky či jiné dermatitidy. Těžké intoxikace pak končí celkovým kolapsem organismu, především nevratným poškozením jater a dýchací soustavy, vedoucí ke smrti. [26]

Lidé, kteří už mají poruchu jater, pociťují zhoršení svého zdravotního stavu po kontaktu s kontaminovanou vodou – ať už pitnou, nebo koupací. Lidé trpící ekzémy či astmatem na sobě rovněž pozorují negativní změny a zhoršené projevy jejich onemocnění. [26]

Kontaminace organismů mohou být způsobeny buď náhlým intenzivním působením, nebo dlouhodobějším výskytem cyanotoxinů. Při dlouhodobém užívání pitné vody ze zdrojů s rozvojem toxických vodních květů může u plodů v těhotenství vzniknout Dawnův syndrom, být nižší porodní váha nebo vyvolán předčasný porod. Bylo prokázáno, že zdraví člověka mohou ohrozit daleko nižší koncentrace při dlouhodobém užívání takto znečištěné vody, než které jsou uváděny při akutních testech toxicity. Také z tohoto důvodu proběhl nevídaný experiment v Číně pod vedením Američanů, kdy bylo 50 000 obyvatel odkázáno na zdroj vody s masovým rozvojem sinic r. *Microcystis*. Vědci došli k názoru, že většina zdravotních komplikací, které bývají připisovány různým příčinám, mohou být důsledkem neustálého působení cyanotoxinů na obyvatelstvo. [26, 27]

Negativní vliv cyanotoxinů byl pozorován i na zvířatech. Většina hromadných otrav či úhynů zvěře a dobytka byla zapříčiněna masovým rozvojem planktonních sinic. Během několika hodin dochází u postižených organismů k postupnému dušení, dávení a umírání v křečích. [26, 27]

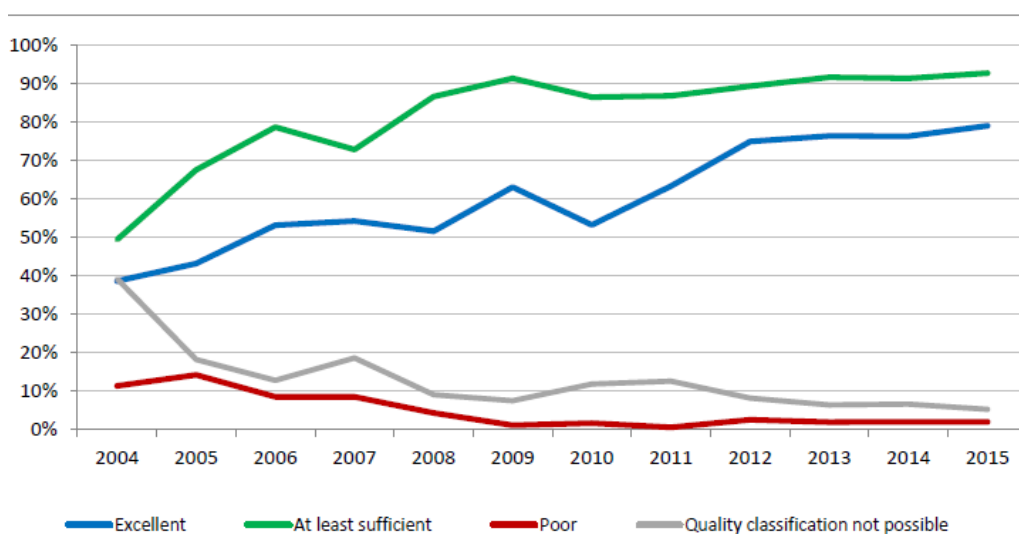
### 3 Kritéria pro hodnocení kvality vod pro koupání ve volné přírodě

V rámci sledování jsou uváděny následující parametry:

*Identifikační informace:* název lokality, lokalizace, geografický typ vody ke koupání.

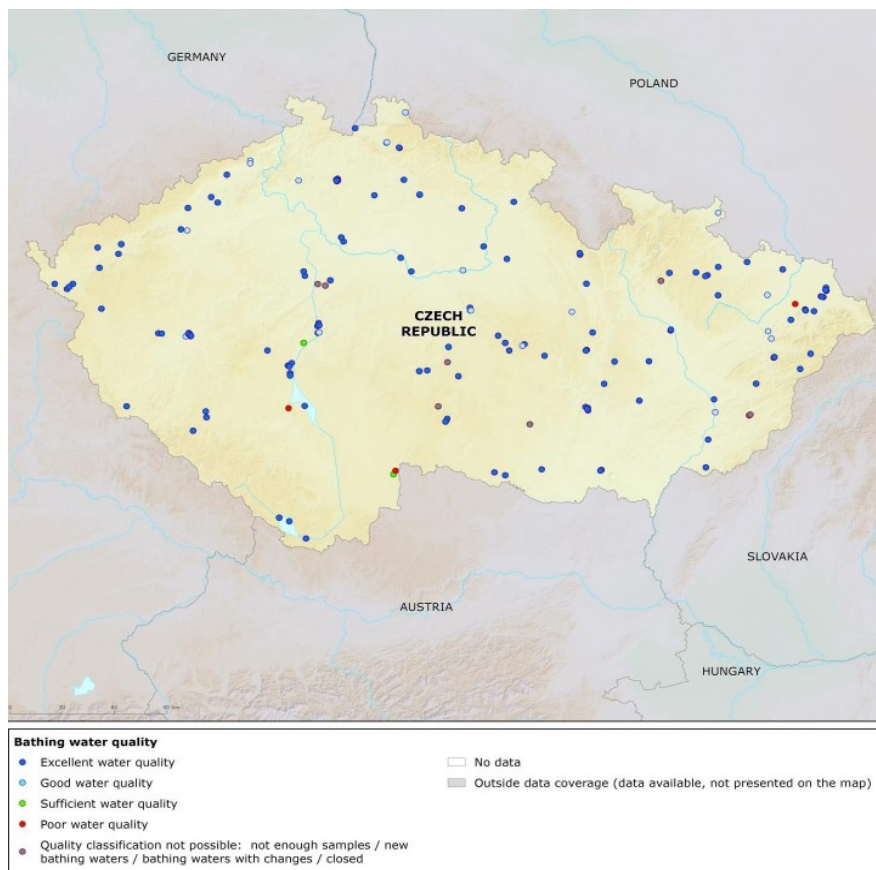
*Sezónní data:* počátek a konec koupací sezóny, národní klasifikace kvality vod, změny v kvalitě vod.

*Výsledky monitorování:* numerické hodnoty dvou mikrobiálních parametrů – Enterokoky a *Escherichia coli*. Trend vývoje kvality vod v jednotlivých letech je uveden na obr. 2 a sledované lokality jsou uvedeny na obr. 3.



Obr. 2 - Kvalita vod určených ke koupání – roční trendy pro monitorované lokality v České republice [28]





Obr. 3 - Kvalita vod určených ke koupání v České republice v roce 2016 [28] s vyznačením nevyhovujících lokalit v MSK – Brušperk

*Abnormální situace:* neočekávané situace, které mají vliv na zhoršení kvality vody (například fekální znečištění).

*Kontaminace:* Koncentrace fekálních indikátorových organismů (FIO) mezi které patří *Escherichia coli* a enterokoky patří mezi indikátory mikrobiálního znečištění ve vodách určených pro využití k rekreačním účelům. Mikrobiální kontaminaci koupacích vod i pláží způsobují jak difuzní, tak bodové zdroje znečištění (vypouštění splaškových vod a úniky ze septiků). Difuzní mikrobiologické znečištění se vyskytuje při intenzivních srážkách, zvláště při bouřkách. Významným zdrojem difuzního znečištění je zemědělská činnost, která obvykle způsobuje nepřímou kontaminaci v povodí. Mikrobiální znečištění pocházející z bodových a difuzních zdrojů musí být doplněno také o znečištění, které pochází například z psích exkrementů. [29]

Zvyšující se zájem o rekreační využití vod ve volné přírodě je spojen s výzkumem mikrobiální kontaminace. Mansilha C. R. et al. (2010) uvádí, že existuje statisticky významná závislost mezi sledovanými nepatogenními indikátory fekálního znečištění *Escherichia coli* a intestinálními enterokoky sledovanými podle vyhlášky EU 2006/7/EC a *Salmonelou spp.* V lokalitách s klasifikací „dobrá“ byla zjištěna 9,3 % pravděpodobnost

výskytu *Salmonelly* a v lokalitách s označením „vynikajících“ to bylo až 14,4 %. Lokality, které měly špatnou kvalitu vody a vykazovaly přítomnost *Salmonelly* u 66 % odebraných vzorků. Z těchto výsledků vyplývá, že informace o fekálním znečištění jsou významným indikátorem přítomnosti patogenů *Salmonelly*. Význam této zjištěné závislosti spočívá v tom, že ze statistické závislosti lze odhadovat přítomnost *Salmonelly*, která je jinak identifikovaná mikrobiálním rozbořem až po 14 dnech od odběru vzorků. Vzhledem k tomu, že sledování *Salmonelly* si řídí členské země EU samostatně, bylo by dobré na základě těchto informací rozšířit monitorované parametry i o tento ukazatel patogenních organismů. [30]

### 3.1 Sledované parametry

Parametry sledované KHS jsou uvedeny ve vyhlášce, jejich limitní hodnoty se pak nacházejí v přílohách č. 1, 4 a 5. [4]

[Stručný přehled sledovaných parametrů: \[31\]](#)

***Escherichia coli* a střevní (intestinální) enterokoky** slouží jako indikátor fekálního znečištění. Při zvýšených či překročených mezních hodnotách lze očekávat žaludeční a střevní problémy.

**Průhlednost** je vzdálenost od vodní hladiny udávána v metrech, do které je ještě zřetelně vidět Seccioho disk. Jedná se o desku kruhového obrysu rozdělenou do 4 kvadrantů bílé a černé barvy připevněnou na lanku s centimetrovými značkami. Tento parametr přímo nepodmiňuje zdravotní rizika, je však častým indikátorem zvýšeného obsahu fytoplanktonu. Dalším důvodem pro nižší průhlednost může být přítomnost anorganických částic vlivem prováděných prací v toku nad VN nebo jejich přiváděním velkými dešti v povodí nad VN.

**Vodní květ** se stanovuje vizuálně *in situ* ve čtyřech kategoriích: žádný, pozorovatelný, hojný a masový.

Dalším stanovovaným parametrem je **chlorofyl-a**, který vyjadřuje, v jaké míře jsou sinice a řasy přítomny ve VN. Tyto zelené mikroorganismy totiž již zmíněné barvivo potřebují k fotosyntéze.

KHS u každé analýzy jakosti vody stanovuje **mikroskopický obraz**. Jedná se o přítomnost určitých druhů či rodů sinic a řas v odebraném vzorku. Výsledek se udává ve čtyřech kategoriích množstevního zastoupení, a to: ojediněle, mírně, hojně a dominantně.

S dvoutýdenní pravidelností, pokud není kvalita vody výrazně zhoršena a tím zkrácen interval monitoringu na týden, se také sleduje **počet sinic**. Sinice totiž, jak již bylo uvedeno výše, způsobují celou řadu zdravotních komplikací. Míra zásahu do zdraví

koupajících se osob je ovlivněna jejich citlivostí, dobou strávenou ve vodě, množstvím sinic vylučujících cyanotoxiny. Sinice se sledují podle § 6 vyhlášky na všech přírodních koupalištích a dalších povrchových vodách určených ke koupání v případě, že očekáváme během koupací sezóny jejich výskyt. Jak je uvedeno v § 10 téže vyhlášky, usuzuje se tak z předchozích koupacích sezón. [4]

Předposledním určovaným parametrem je míra **znečištění odpady**. Do této kategorie patří pouhým okem viditelné předměty všeho druhu. Mohou to být zbytky odpadu, dřevo, plasty, sklo aj. Znečištění odpady se vyhodnocuje ve čtyřech kategoriích: zanedbatelné, mírné, místy značné a značné podél celého břehu.

Poslední sledovanou kategorií je **přírodní znečištění**. Do této skupiny se řadí jak zbytky suchozemských rostlin, tak makroskopické organismy nebo jejich zbytky, které se vyskytují v blízkosti břehu. Zde je hodnocení stejné jako u předchozího ukazatele znečištění.

### 3.2 Metody monitorování kvality vod

Monitoring povrchových vod má za cíl dlouhodobé sledování jejich stavu – chemického a ekologického. Kvalita je monitorována v souladu se Směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. [32]

Pravidla monitorování jakosti vody jsou mimo jiné uvedena v §4 již zmiňované vyhlášky. [4]

Při odběru vzorků a zjišťování hodnot ukazatelů jakosti vody se postupuje podle následujících českých technických norem: [4]

- ČSN EN ISO 5667-1 (75 7051) Jakost vod - odběr vzorků, část 1: Návod a návrh programu odběru vzorků a pro způsoby odběru vzorků,
- ČSN ISO 5667-4,6 (75 7051) Jakost vod - Odběr vzorků, část 4: Pokyny pro odběr vzorků z vodních nádrží a část 6: Návod pro odběr vzorků z řek a potoků,
- ČSN EN ISO 19458 (75 7801) Jakost vod - odběr vzorků pro mikrobiologickou analýzu
- ČSN 75 7717 Jakost vod - Stanovení planktonních sinic, pokud v této vyhlášce není stanoveno jinak.

V příloze č. 2 k vyhlášce je uvedeno místo vzorkování, což je 30 cm pod vodní hladinou mající minimální hloubku jednoho metru, dále je tam striktně určena sterilizace vzorkovacích nádob, popsání samotného vzorkování, tak jako uskladnění a doprava vzorků před rozbořením. [4]

### 3.3 Požadavky na hodnocení kvality

Dle přílohy č. 3 k vyhlášce se posuzují a klasifikují z mikrobiologického hlediska koupací vody do čtyř tříd, a to: nevyhovující, přijatelná, dobrá a výborná jakost. Každá kategorie má svá kritéria a piktogram plavce ohodnocený příslušným počtem hvězdiček. [4]



Obr. 4 - Symbol pro výbornou jakost vody [8]

Souhrnně se jakost vody hodnotí pomocí následujících barevných smajlíků v pěti kategoriích (příloha č. 6). Na stránkách KHS jsou tyto údaje v průběhu koupací sezóny pravidelně aktualizovány a jsou zde také zveřejněny pro všechna monitorovaná místa v horizontu několika let. Řazení do těchto pěti kategorií se provádí již od roku 2004.

**5 kategorií hodnocení kvality vody:** [4, 33]

😊 **voda vhodná ke koupání** (ukazatel „kvalita vody“ = 1)

Nezávadná voda s nízkou pravděpodobností vzniku zdravotních problémů při vodní rekreaci s vyhovujícími smyslově postižitelnými vlastnostmi.

*Tohoto stupně se použije, pokud nastaly všechny následující skutečnosti:*

- *Sinice nedosahovaly při posledním odběru hodnot I. stupně uvedených v příloze č. 4 k této vyhlášce nebo se jedná o koupaliště, u něhož není třeba provádět sledování sinic podle § 6 odst. 2.*
- *Po vyhodnocení mikrobiologických ukazatelů uvedených v příloze č. 1 k této vyhlášce na konci uplynulé koupací sezóny byla jakost vody v koupališti klasifikována jako výborná.*
- *Při posledním odběru nebyly zhoršeny smyslově postižitelné vlastnosti vody a průhlednost byla větší než 1 m.*



**voda vhodná ke koupání s mírně zhoršenými vlastnostmi** (ukazatel „kvalita vody“ = 2)

Nezávadná voda s nízkou pravděpodobností vzniku zdravotních problémů při vodní rekreaci především se zhoršenými smyslově postižitelnými vlastnostmi, v případě možnosti je vhodné se osprchovat.

*Tohoto stupně se použije, nastala-li alespoň jedna z následujících skutečností, a přitom žádná z kategorií „zhoršená jakost vody“, „voda nevhodná ke koupání“ a „zákaz koupání“:*

- *Průhlednost při posledním odběru byla menší než 1 m. Snížená průhlednost se nehodnotí, pokud je způsobena pro lokalitu typickým přirozeným zákalem, který však nemá původ v přítomných organismech. Při snížené průhlednosti je však ztížena záchrana tonoucích.*
- *Voda ke koupání byla při posledním odběru znečištěna odpady (ukazatel 1 uvedený v příloze č. 5 k této vyhlášce) na úrovni stupně 1 a/nebo je přítomno znečištění přírodního původu (ukazatel 2 uvedený v příloze č. 5 k této vyhlášce), na úrovni stupně 2.*
- *Po vyhodnocení mikrobiologických ukazatelů uvedených v příloze č. 1 k této vyhlášce na konci uplynulé koupací sezóny byla jakost vody ke koupání klasifikována jako dobrá.*



**zhoršená jakost vody** (ukazatel „kvalita vody“ = 3)

Mírně zvýšená pravděpodobnost vzniku zdravotních problémů při vodní rekreaci, u některých vnímavých jedinců by se již mohly vyskytnout zdravotní obtíže, po koupání se doporučuje osprchovat.

*Tohoto stupně se použije, nastala-li alespoň jedna z následujících skutečností, a přitom žádná z kategorií „voda nevhodná ke koupání“ a „zákaz koupání“:*

- *Nálezy sinic a chlorofylu-a z posledního rozboru překročily limity I. stupně stanovené v příloze č. 4 k této vyhlášce.*
- *Po vyhodnocení mikrobiologických ukazatelů uvedených v příloze č. 1 k této vyhlášce na konci uplynulé koupací sezóny byla jakost vody ke koupání klasifikována jako přijatelná.*
- *Alergické reakce u citlivých jedinců jsou prokazatelně spojeny s vodní rekreací, ale zjištěné hodnoty ukazatelů jakosti vody odpovídají kategoriím „Voda vhodná pro koupání“ nebo „Voda vhodná ke koupání s mírně zhoršenými vlastnostmi“.*



**voda nevhodná ke koupání** (ukazatel „kvalita vody“ = 4)

Voda neodpovídá hygienickým požadavkům a pro uživatele představuje zdravotní riziko, koupání nelze doporučit zejména pro citlivé jedince (tzn. zejména děti, těhotné ženy, osoby trpící alergií a osoby s oslabeným imunitním systémem).

*Tohoto stupně se použije, nastala-li alespoň jedna z následujících skutečností, a přitom žádná z kategorie „zákaz koupání“:*

- *Nálezy sinic a chlorofylu-a z posledního rozboru překročily limity II. stupně stanovené v příloze č. 4 k této vyhlášce.*
- *Po vyhodnocení mikrobiologických ukazatelů uvedených v příloze č. 1 k této vyhlášce na konci uplynulé koupací sezóny byla jakost vody ke koupání klasifikována jako nevyhovující.*
- *Voda ke koupání byla při posledním odběru znečištěna odpady (ukazatel 1 uvedený v příloze č. 5 k této vyhlášce) na úrovni stupně 2 nebo 3 a/nebo je přítomno znečištění přírodního původu (ukazatel uvedený v příloze č. 5 k této vyhlášce), na úrovni stupně 3.*
- *Některé další smyslově postižitelné vlastnosti jako zápach, olejový film, pěna na hladině jsou takového rozsahu, že je prakticky vyloučeno rekreační využití lokality.*



**voda nebezpečná ke koupání** (ukazatel „kvalita vody“ = 5)

Voda neodpovídá hygienickým požadavkům a hrozí akutní poškození zdraví, vyhláší se zákaz koupání.

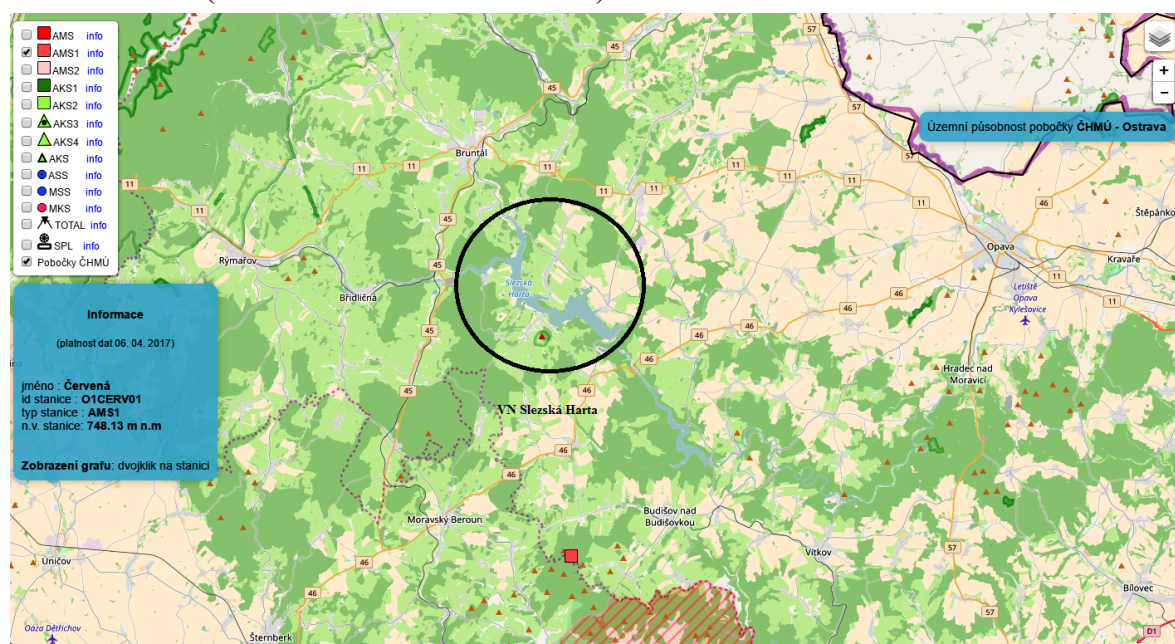
*Tohoto stupně se použije, nastala-li alespoň jedna z následujících skutečností:*

- *Při posledním odběru došlo k překročení limitních hodnot III. stupně pro ukazatele vodní květ nebo sinice a chlorofyl-a (ukazatel uvedený v příloze č. 4 k této vyhlášce). Voda ke koupání je řazena k tomuto stupni i v případě výskytu vodního květu překračujícího limitní hodnoty III. stupně mimo standardní odběrové místo, pokud existuje reálná možnost jeho rychlého přemístění na standardní odběrové místo v případě změny směru větru nebo v případě výskytu sinic netvořících vodní květy došlo k překročení limitních hodnot III. stupně pro ukazatele sinice a chlorofyl-a (ukazatele uvedené v příloze č. 4 k této vyhlášce).*
- *Existuje odůvodněné podezření, že může být vážně ohroženo zdraví koupajících se, zejména při nevysvětlitelném masivním úhynu ryb, i když ukazatele jakosti vody ke koupání jsou v pořádku, nebo při zvýšeném výskytu akutního onemocnění, jehož epidemiologické znaky poukazují na vodu ke koupání jako zdroj nákazy, a to i v případech, kdy specifický původce není ve vodě prokázán.*

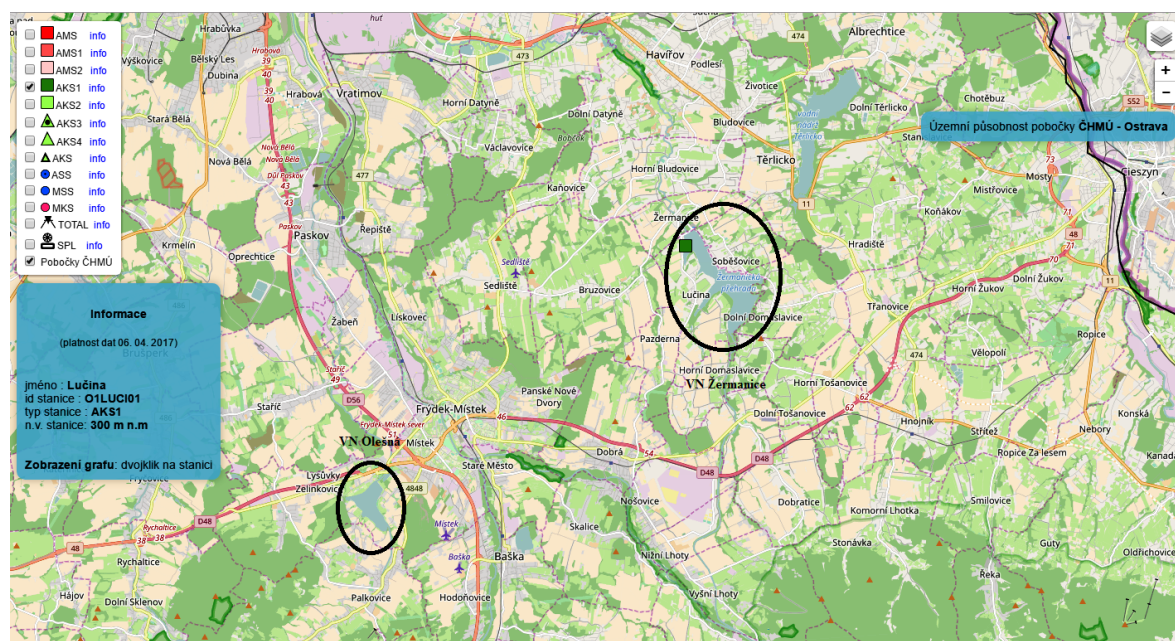


#### 4 Vývoj hydrometeorologické situace během monitorovaného období

Průběh sledovaného období je posuzován jak z hlediska celého povodí (potažmo MSK), kde se všechny tři posuzované nádrže rozprostírají, tak i konkrétně samostatně pro naše tři sledované VN pomocí dvou monitorovacích meteorologických stanic Červená a Lučina. Jejich umístění je znázorněno na obrázcích 5 a 6. Pro VN Slezská Harta se pracuje s daty meteorologické stanice Červená (identifikační kód: O1CERV01) a k popisu hydrometeorologické situace na VN Žermanice a VN Olešná slouží data z meteorologické stanice Lučina (identifikační kód: O1LUCI01).



Obr. 5 - Monitorovací stanice Červená a VN Slezská Harta [34]



Obr. 6 - Monitorovací stanice Lučina, VN Žermanice a VN Olešná [34]

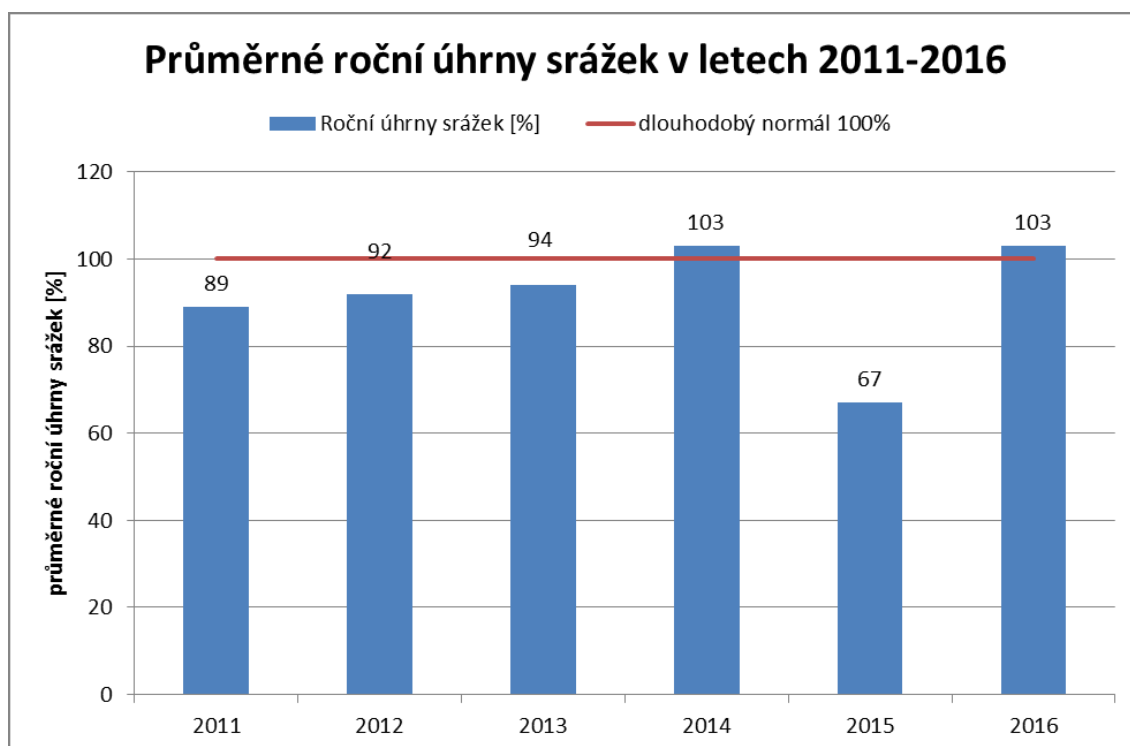
Meteorologická data pro tyto dvě monitorovací stanice jsem získala od pana inženýra Marka Štrajta ze státního podniku Povodí Odry. Jedná se o teploty a úhrny srážek zaznamenávané co tři hodiny za všech šest sledovaných koupacích sezón. Sluneční svit mi byl poskytnut v denních sumách za roky 2011 až 2015.

Chybějící data slunečního svitu za rok 2016 jsou suplovány z ročenky ČHMÚ. K celkovému srovnání napříč koupacími sezónami (2011-2015) jsem využila rovněž ročenky z Povodí Odry, s. p. Chybějící údaje za rok 2016 byly opět převzaty z ročenky ČHMÚ.

V této kapitole se zabývám obecnou charakteristikou šestiletého období sledování, konkrétní denní nebo dlouhodobější úhrny srážek a průměrné celodenní teploty jsou využity až v kapitole 6 při interpretaci celkového vlivu na vývoj kvality vody.

### Roční úhrny srážek

Dlouhodobý normál množství srážek představuje pro území povodí Odry 820 až 825 mm ročně. Jak lze vidět na přiloženém grafu (Obr. 7), roky 2012, 2013, 2014 a 2016 se jeví jako normální, rok 2011 s ročním úhrnem 733 mm byl hodnocen srážkově podnormálním a v roce 2015, kdy spadlo jen 556 mm – tedy 67% celkového normálu – jako rok srážkově mimořádně podnormální. [35, 36]

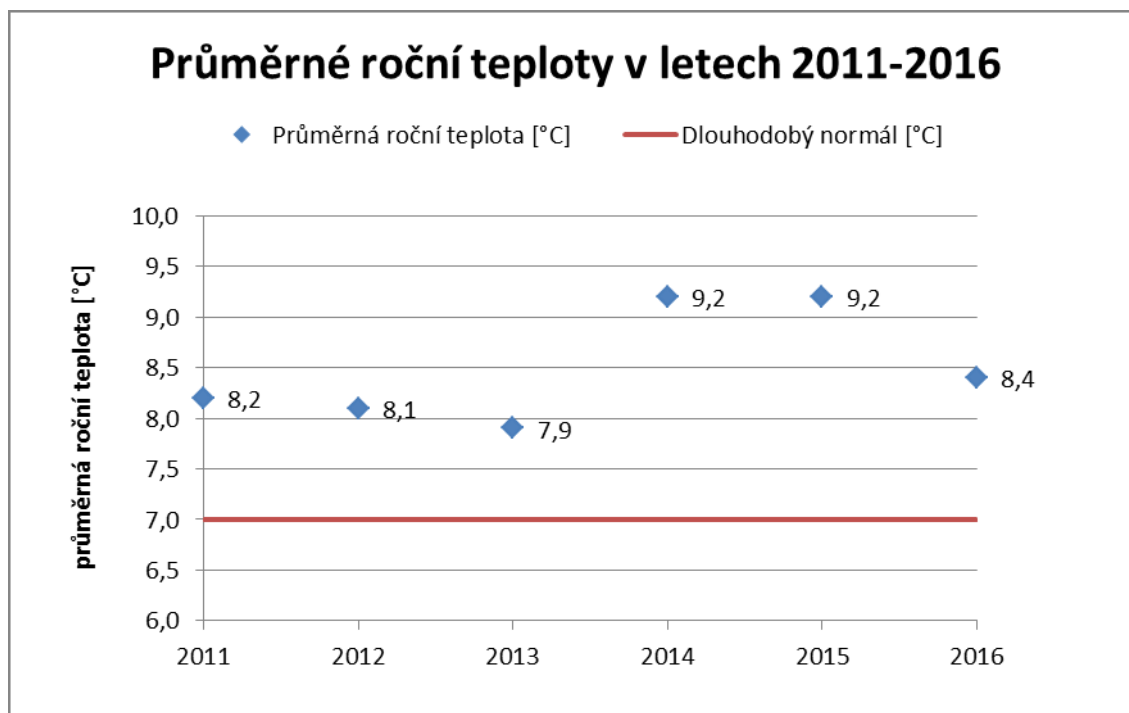


Obr. 7 - Průměrné roční úhrny srážek v povodí Odry[35, 36]



## Teplota vzduchu

Průměrná roční teplota vzduchu na území povodí Odry představuje 7°C. Tato hodnota byla však za celé monitorované období šesti let pokaždé překročena. Jak je zřejmé z grafu (Obr. 8), v letech 2014 a 2015 byly průměrné roční teploty dokonce +2,2 °C nad dlouhodobým normálem. [35, 36]

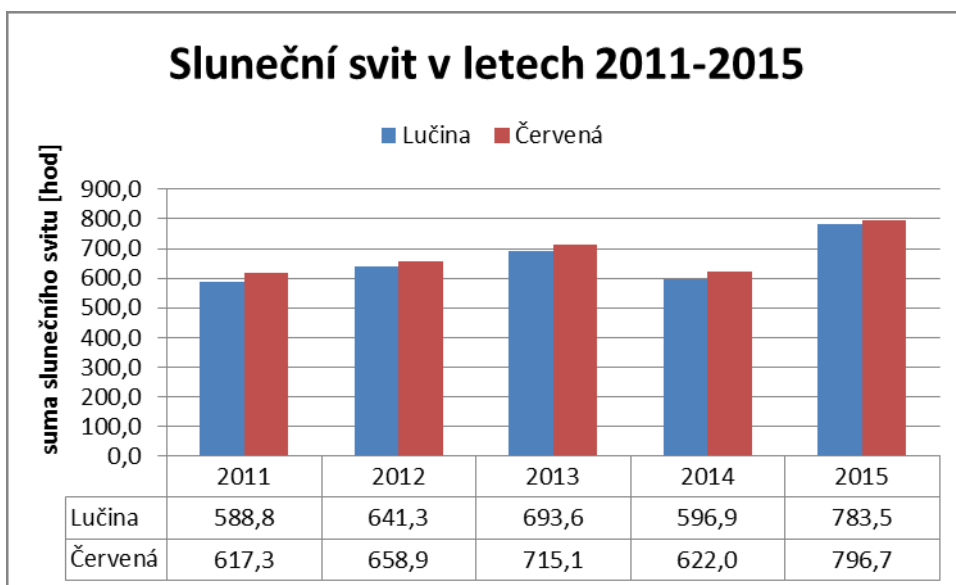


Obr. 8 - Průměrné roční teploty v povodí Odry [35, 36]

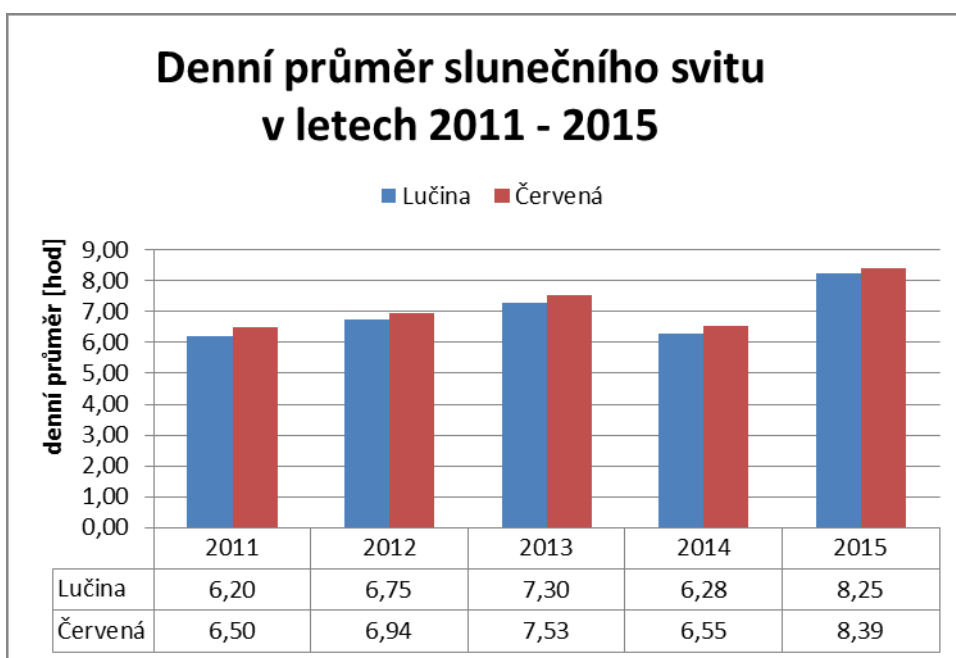
## Sluneční svit

Období, ve kterém byla měřena délka slunečního svitu (ať už suma nebo průměr – Obr. 9 a Obr. 10), se shoduje s trváním koupací sezóny – tj. od 30. 5. do 1. 9. Z grafů vyplývá, že na území VN Slezská Harta, získaných z dat měřicí stanice Červená, svítlo slunce v průměru o 26,6 hodiny déle za celou koupací sezónu (tedy přibližně 0,3 hod denně) než na zbývajících dvou lokalitách reprezentovaných daty ze stanice Lučina.

Jak již bylo v úvodu kapitoly zmíněno, údaje o slunečním svitu za rok 2016 nejsou tč. ze zdroje Povodí Odry, s.p. pro stanice Červená a Lučina k dispozici. V MSK svítlo Slunce průměrně 1554 hodin, což je cca 4,25 hod/den. [36] Data jsou ovšem nesrovnatelná – zatímco hodnoty naměřené v letech 2011 až 2015 jsou pouze pro koupací sezónu, údaje za rok 2016 jsou naměřeny za celý rok. Tato hodnota se proto neobjevuje v již zmíněných grafech.



Obr. 9 - Sumy slunečního svitu za jednotlivé koupací sezóny [13]



Obr. 10 - Denní průměry slunečního svitu za jednotlivé koupací sezóny [13]

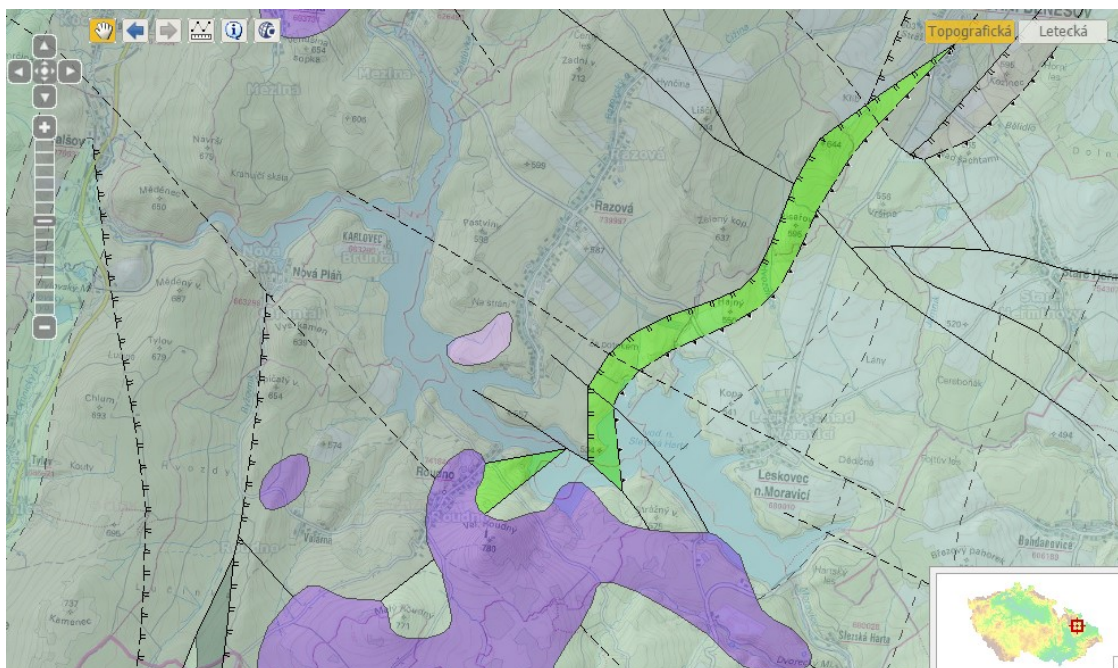
## 5 Charakteristika vybraných objektů pro sledování kvality vody

Všechny tři sledované objekty leží v Moravskoslezském kraji, který v následujících bodech blíže specifikuji, a to jak z hlediska geologického, tak geomorfologického, klimatického, hydrologického a pedologického. Jedná se o VN Slezská Harta v okrese Bruntál, VN Žermanice a VN Olešná v okrese Frýdek-Místek. Na konci této kapitoly jsou uvedeny technické parametry jednotlivých vodních děl.

### 5.1 Geologická charakteristika

Moravskoslezský kraj má velice pestrou geologickou stavbu, rozkládá se na pomezí dvou jednotek nadregionálního významu - Českého masívu a Západních Karpat. [37]

#### VN Slezská Harta

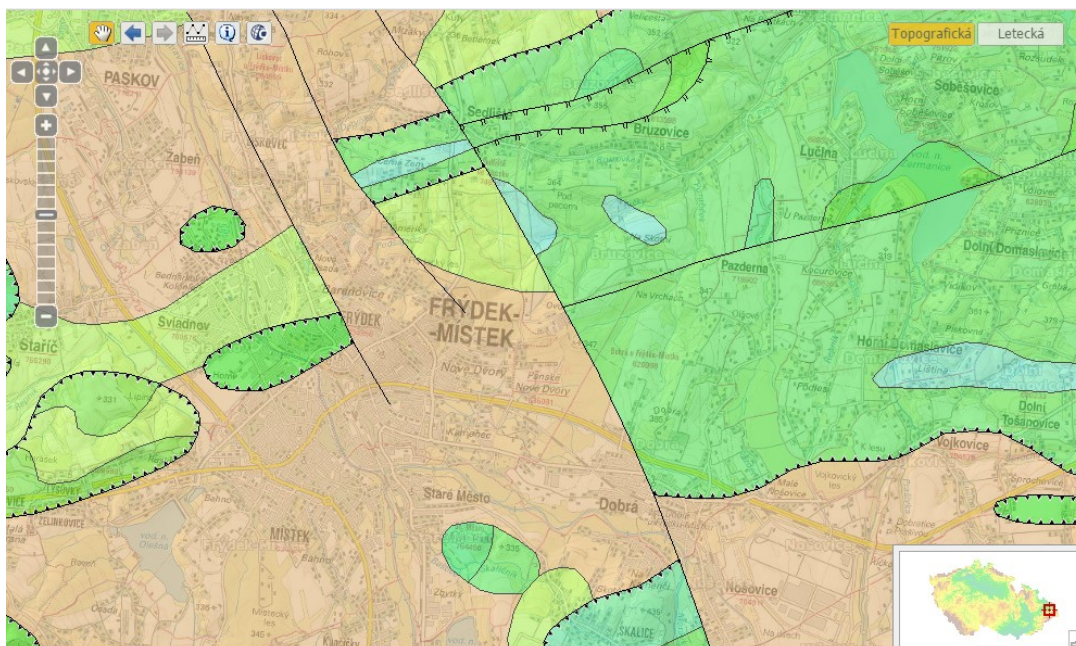


Obr. 11 - Geologická situace na území VN Slezská Harta [38]

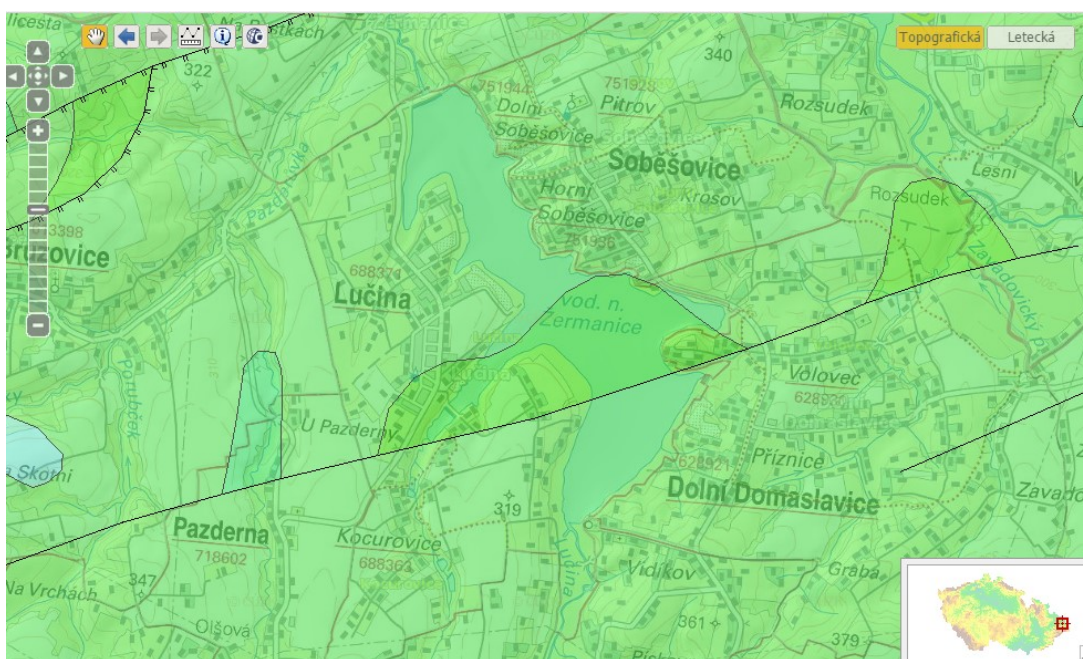
VN Slezská Harta se rozkládá na území Českého masívu utvořeného v geologickém období paleozoika. Jak lze vidět na obrázku, území je tvořeno dvěma hlavními geologickými jednotkami, do kterých zčásti zasahují dva menší útvary. Celkově lze oblast charakterizovat jako karbonský flyš obsahující často masivní droby, jim podřízené převážně laminované břidlice. Ze severovýchodu se line pás prekambričských a paleozoických vulkanitů spodního karbonu. Jako charakteristické horniny jsou zde k nalezení bazalty, bazaltické andesity a tufy. S minimálním podílem rozlohy se ve střední části přehrady objevuje terciér Českého masívu, typický svými vulkanity, mezi něž patří například olivinické alkalické bazalty a foidity, subvulkanické bazaltické brekcie. [38]



## VN Žermanice a VN Olešná

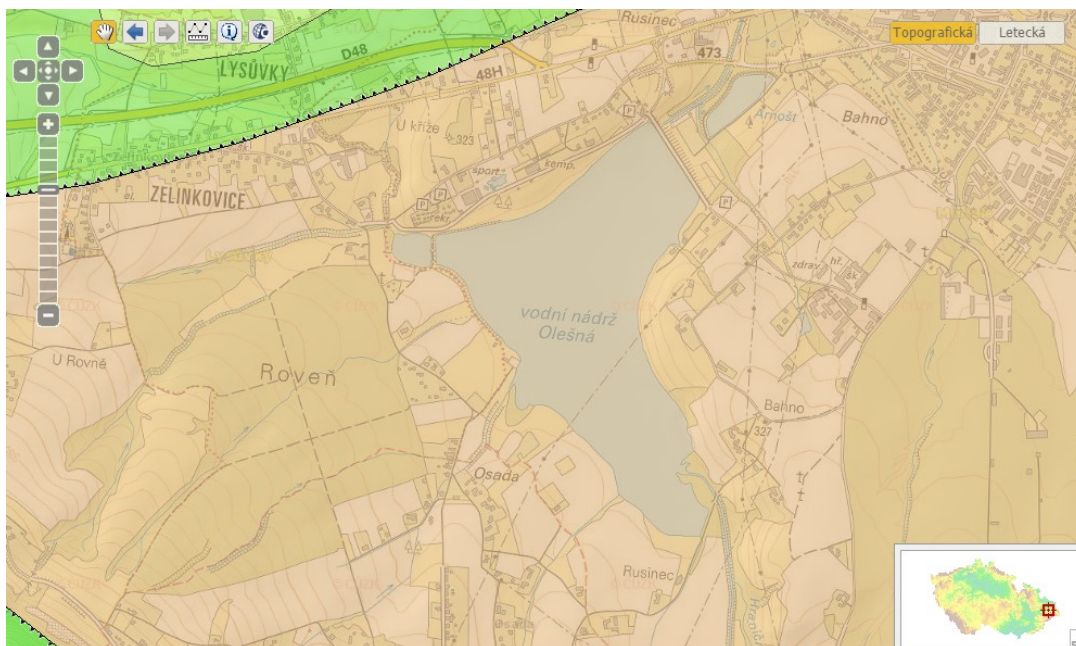


Obr. 12 - Pedologická situace na území VN Žermanice a a VN Olešná [38]



Obr. 13 - Detail VN Žermanice [38]

VN Žermanice se oproti VN Olešná rozkládá na spodní marinní křídě vnějších a vnitřních Karpat náležícímu k hradišťskému souvrství. V centrální části nádrže se objevuje taktéž spodní křída, ovšem jiného původu a tvořena rozdílnými horninami. Zatímco je vrstva uprostřed VN Žermanice tvořena černošedými jílovci, místy vápnitými a podřadně pak pískovci, pro zbytek zátopy jsou charakteristické tmavé vápnité jílovce, pískovce a podřadně slepence. [38]



Obr. 14 - Detail VN Olešná [38]

VN Olešná leží celým svým územím na svrchní křídě marinního mezozoika a terciéru vnějších a vnitřních Karpat. Pro tento geologický útvar jsou typické jílovce, zčásti vápnité, méně často také pískovce. Celek je součástí německého a frýdlantského souvrství. [38]

### Vliv na kvalitu vody

Geologické podloží výrazně ovlivňuje charakter sedimentů v nádrži, které jsou jednak součástí přirozeného skalního podkladu a jednak se zde dostávají půdní částice v důsledku břehové eroze a přínosem nerozpuštěných látek z přítoků do jednotlivých vodních nádrží. Přítomnost bazaltů v podložních horninách ve vodním díle Slezská Harta může inhibovat procesy eutrofizace. Mineralogický charakter sedimentů ovlivňuje vazbu fosforu, proces adsorpce a jejich následné uvolňování. Sedimenty vytvořené na bazaltech obsahují z jílových minerálů více montmorillonit a smektit, které mají vyšší schopnost než sedimenty vytvořené v nadloží sedimentárních hornin, kde je z jílových minerálů přítomen hlavně illit a kaolinit s nižší sorpční schopností. [39]

## 5.2 Geomorfologická charakteristika

Území zdejšího kraje je tvořeno třemi tvarově i horopisně různorodými celky, kde nejvýznamnější roli hrají na SZ Česká Vysočina a na JV Západní Karpaty. Třetím útvarem na českém území je okrajová část Středoevropské nížiny, dominující zejména v sousedním Polsku. [37]

Popisovaná oblast VN Slezská Harta přináleží České vysočině, která je geologicky starší. Její vývoj spadá do období prvohor, vyznačujícího se ukládáním sedimentů a následným

variským zvrásněním. Druhá etapa horotvorné činnosti proběhla v třetihorách alpínským vrásněním. Vlivem intenzivnějších a déletrvajících denudačních pochodů je členitost terénu mírnější než v geologicky mladších Beskydech. Tato skutečnost se projevuje na menším podélném sklonu vodotečí a pomalejších odtokových poměrech. [40]

VN Olešná a VN Žermanice náleží do geomorfologické provincie Západních Karpat. Mohutné horstvo vzniklé třetihorním alpským vrásněním se stalo základem struktury Beskyd, jež se zformovaly nasunutím jednotlivých flyšových příkrovů. Následkem denudačních procesů po zvrásnění je značná členitost v tomto geologicky mladším útvaru. [40]

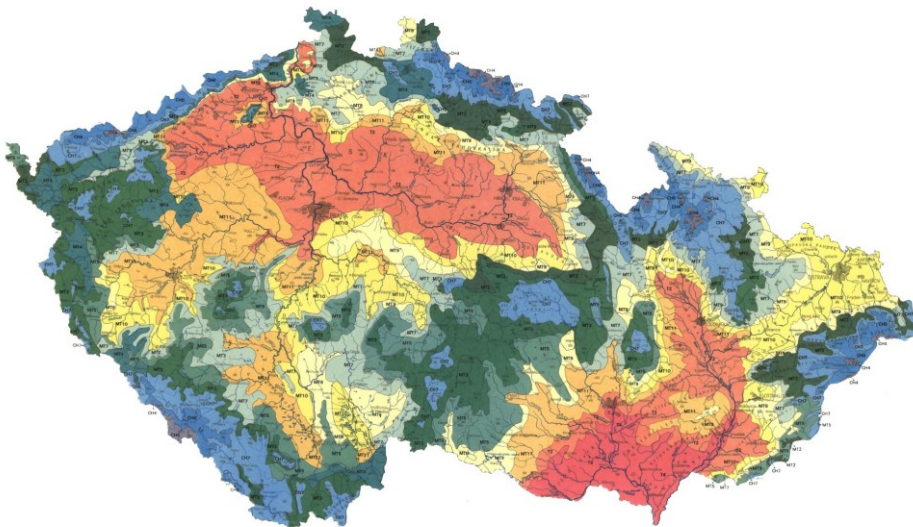
Významným geomorfologickým činitelem povodí podbeskydí byl pevninský ledovec, který v raném období čtvrtohor dosahoval až k Moravské bráně a zformoval tak zejména povodí dolní ostravské pánve do podoby, jak ho známe dnes. [40]

Jesenická oblast je odolnější vůči erozi, jelikož je tvořena metamorfovanými, případně vyvřelými horninami. Na druhé straně Beskydská část tvořena druhohorními a třetihorními sedimenty je k těmto procesům značně náchylnější. [40]

### **5.3 Klimatická charakteristika**

Moravskoslezský kraj – a vlastně i celá Česká republika - spadá do kontinentálního typu podnebí. Kvůli značné nesouměrnosti a pestrosti georeliéfu je počasí na našem území dosti proměnlivé a do značné míry závislé na geomorfologické stavbě příslušného územního celku. Tak například registrujeme rozdílné srážkové a teplotní poměry v pohoří Jeseníků a Beskyd i takové anomálie, jako je například srážkový stín na Opavsku, otevřenost Ostravské pánve určitým směrem proudění vzduchových vrstev. Podle československého klimatologa a autora knihy Klimatické Oblasti Československa (vydané v roce 1971), významného vědce Evžena Quitta, se řadí Česká republika do několika mírně teplých a chladných klimatických oblastí. [41, 42]





**Obr. 15 - Klimatické oblasti ČR podle E. Quitta (1971)**

K posuzování každoročních odchylek klimatických charakteristik byl stanoven dlouhodobý průměr za třicetileté období sledování měřených veličin od roku 1961 do roku 1990. Průměrný úhrn srážek na území povodí Odry činí 818,1 mm a průměrná roční teplota dosahuje hodnoty 7,1°C. Z této mnohaleté statistiky pro povodí Odry vychází jako srážkově nejbohatší měsíc červen (113,8 mm) a nejteplejší měsíc červenec (16,3°C). [41, 42]

VN Slezská Harta spadá do kategorie mírně teplého pásma MT2, která se vyznačuje krátkým a mírným až mírně chladným a mírně vlhkým létem; zima je zpravidla normálně dlouhá a suchá s mírnými teplotami a s normálně dlouho trvající sněhovou pokrývkou. Přechodná období jsou typická krátkým mírným jarem a mírným podzimem. Dle klimatických map dostupných na webovém portále Povodí Odry činí průměrný roční úhrn srážek 570 až 710 mm (v letním období července - září je to 67 až 77 mm), teplota dosahuje 6 až 7°C (v letním období července - září je to 14 až 15°C). [42]

VN Žermanice a VN Olešná leží obě ve stejném klimatickém pásmu MT 10. Jedná se v rámci celé ČR o nejteplejší klimatické pásmo, charakteristické dlouhým, teplým a mírně suchým létem. Zima je krátká, mírně teplá a velmi suchá, trvání sněhové pokrývky je poměrně krátké. Přechodná období se vyznačují krátkým, mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem. Přestože obě VN leží ve stejném klimatickém pásmu, průměrný roční úhrn srážek pro VN Olešná činí 861 až 960 mm za rok, na VN Žermanice průměrně 801 až 860 mm. V letním období července - září naprší v obou případech stejně, a to 98 až 107 mm. Průměrné celoroční teploty se na obou VN rovněž mírně liší a pohybují se v rozmezí 7 až 8°C na VN Olešná a kolem 8°C na VN Žermanice. V letním období července - září je hodnota v obou případech stejná a činí 15 až 16°C). [42]

## 5.4 Hydrologická charakteristika

Všechny tři nádrže leží v povodí horního toku Odry, která odvodňuje zhruba 7% našeho území, tedy přibližně 5200 km<sup>2</sup>, a ústí do Baltského moře. Odra pramení v Jeseníkách, konkrétně v Oderských Vrchích v nadmořské výšce 632 m, a na soutoku s Olší opouští ČR. Povodí je z hydrologického hlediska tvořeno dvěma specifickými částmi: rozsáhlejší Jesenickou (levostranné přítoky Odry - Moravice a Opava) a menší Beskydskou (pravostranné přítoky Odry – Ostravice a Olše). Celková hustota vodní sítě povodí činí 1,02 km/km<sup>2</sup>. [37]

### VN Slezská Harta

Tato nádrž s plochou 870 ha a celkovým objemem 218,7 mil. m<sup>3</sup> leží v nadmořské výšce 479 m n. m. na řece Moravici (ř. km 55,825). Povodí se rozkládá na území o ploše 464,1 km<sup>2</sup>. Dlouhodobý průměrný roční průtok k profilu hráze nádrže Slezská Harta činí 5,46 m<sup>3</sup>/s. [37, 43]

### VN Žermanice

Tato nádrž s plochou cca 220 ha o celkovém objemu 25,3 mil. m<sup>3</sup> leží v nadmořské výšce 290,0 m n. m. na řece Lučině (ř. km 25,020). Povodí se rozkládá na území o ploše 45,4 km<sup>2</sup>. Dlouhodobý průměrný roční průtok k profilu hráze nádrže Žermanice činí 0,57 m<sup>3</sup>/s. [37, 43]

### VN Olešná

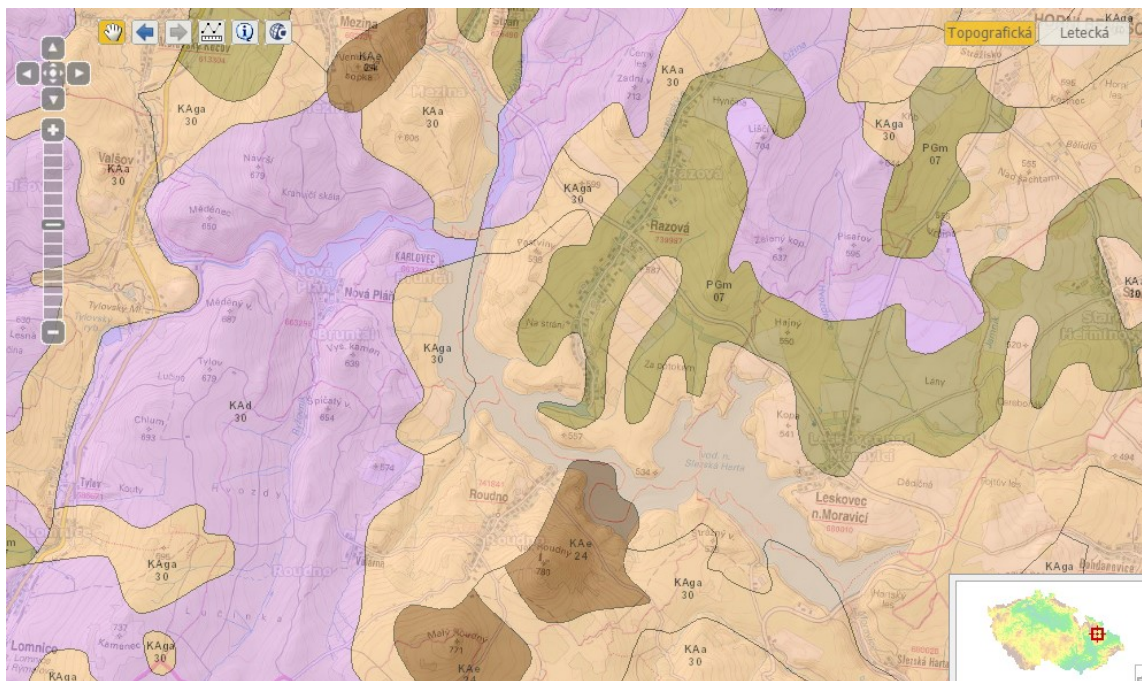
Tato nádrž s plochou cca 71 ha a celkovým objemem 4,4 mil. m<sup>3</sup> leží v nadmořské výšce 305 m n. m. na řece Olešné (ř. km 10,690). Povodí se rozkládá na území o ploše 33,6 km<sup>2</sup>. Dlouhodobý průměrný roční průtok k profilu hráze VN Olešná činí 0,54 m<sup>3</sup>/s. [37, 43]

## 5.5 Pedologická charakteristika

Typ půdy se ve značné míře podílí na konečném chemickém složení vody. Ke každé VN přikládám jak tabulku veškerých charakteristik, tak mapu z geoportálu spravovaného ministerstvem vnitra. [38]



## VN Slezská Harta



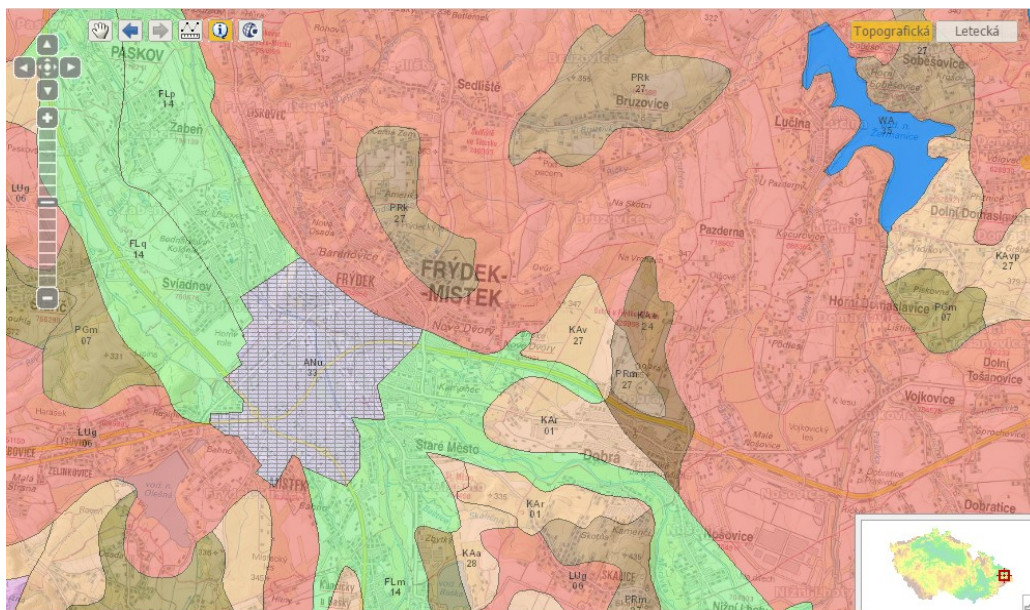
Obr. 16 - Pedologická charakteristika na území VN Slezská Harta [38]

Většinovým půdním typem v lokalitě VN Slezská Harta je kambizem kyselá, místy kyselá oglejená. V oblasti Nové Pláně se jedná o kambizem dystrickou. Ze severního směru do centrálního úseku nádrže částečně zasahuje modální pseudoglej, z jižního směru pak eutrofní kambizem. [38]

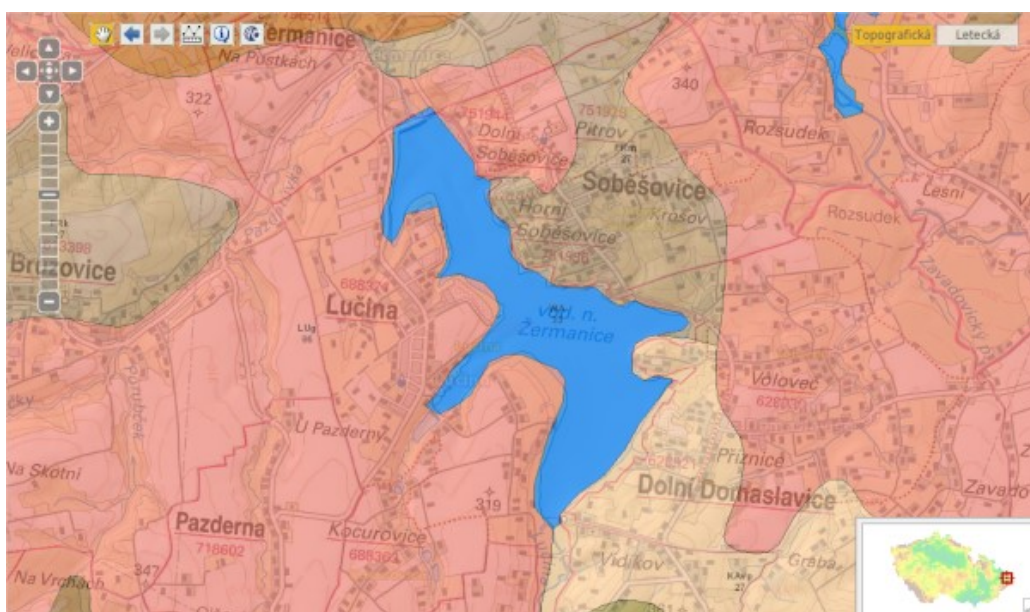
Tab. 4 - Půdní typy na území VN Slezská Harta [38]

Označení	KAa30	KAg30	KAd30	KAe24	PGm07
Typ	kambizem kyselá	kambizem oglejená kyselá	kambizem dystrická	kambizem eutrofní	pseudoglej modální
Substrát	svahoviny sedimentárních hornin střední	svahoviny sedimentárních hornin střední	svahoviny sedimentárních hornin střední	svahoviny čedičů	polygenetické hlíny, glaciální uloženy

## VN Žermanice a VN Olešná



Obr. 17 - pedologická situace na území VN Žermanice a VN Olešná [38]



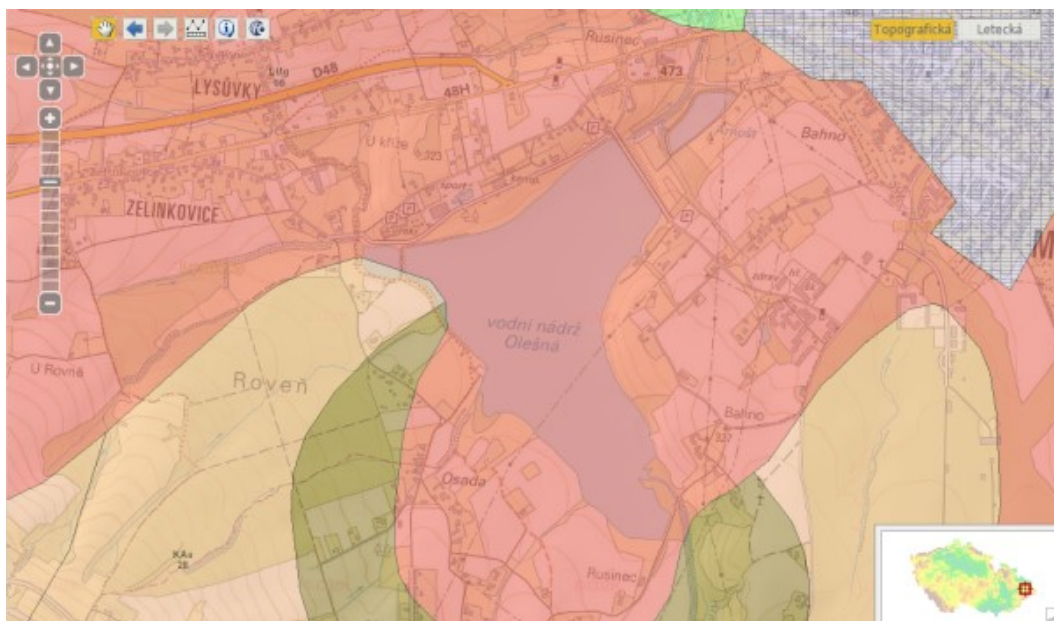
Obr. 18 - Detail VN Žermanice [38]

VN Žermanice je definována pouze vodní plochou bez stanovení půdního typu. Ze své západní poloviny je nádrž obklopena luvizemí oglejenou, z východní strany kombinací kambizemě vyluhované pelické od jihu a pararendzinou od severu. [38]



Tab. 5 - půdní typy na území VN Žermanice [38]

Označení	LUg06	KAvp27	PRm27
typ	luvizem oglejená	kambizem vyluhovaná pelická	pararendzina
substrát	prachovice	svahoviny karbonátových hornin střední, těžší	svahoviny karbonátových hornin střední, těžší



Obr. 19 - Detail VN Olešná [38]

VN Olešná leží celou svou plochou na oglejené luvizemi, přičemž k jejím břehům střídavě na jižním a západním okraji přiléhají kyselá kambizem a luvický pseudoglej. [38]

Tab. 6 - Půdní typy na území VN Olešná [38]

Označení	LUg06	KAa28	PGI06
Typ	luvizem oglejená	kambizem kyselá	pseudoglej luvický
Substrát	prachovice	svahoviny karbonátových hornin lehčí	prachovice

## 5.6 Charakteristika jednotlivých nádrží

### VN Slezská Harta (Příloha 1)

Vodní nádrž se nachází v okrese Bruntál, jižně od stejnojmenného města. Tato objemově čtvrtá největší nádrž České republiky leží na řece Moravici. Spolu s VN Kružberk, vzdálenou 10,8 km po směru toku, tvoří kaskádu zásobující Opavsko a Ostravsko-karvinskou aglomeraci pitnou vodou. Jedná se o tzv. kružberskou část ostravského oblastního vodovodu provozovaného společností SmVaK Ostrava a.s. [44] Stálý odběr z přehrady Slezská Harta činí 1200 sekundových litrů, z toho 25 l/s připadá na zásobování města Bruntál. Jesenická kaskáda plní primárně retenční funkci, kdy v případě stoleté vody dokáže pětinasobně zredukovat průtok z cca 250 m<sup>3</sup>/s na pouhých 50 m<sup>3</sup>/s. VN Slezská Harta hraje podstatnou roli při stabilizaci kvality vody ve vodárenské nádrži Kružberk, a to díky možnosti čerpání vody z různých hloubkových profilů a tím i určování teploty vypouštěné vody, která následně ovlivňuje další jakostní parametry. [43, 45]

V neposlední řadě je VN Slezská Harta vyhledávána za účelem rekreace. Monitorovány jsou tři lokality určené ke koupání - Leskovec nad Moravicí, Roudno I a Nová Pláň. [7]

### VN Žermanice (Příloha 2)

VN Žermanice se nachází ve frýdeckomísteckém okrese jižně od města Havířov. Problém s malou vodností hlavního přítoku řeky Lučiny do této poměrně rozlehlé vodní plochy a z toho plynoucím nedostatkem vody se v minulosti podařilo vyřešit vybudováním umělého vodovodního přivaděče, vedoucího přes Vyšní Lhoty, k nadlepení vodohospodářské bilance ze sousedního povodí řeky Morávky. [43]

Přehrada slouží především k zásobování provozní vodou pro ostravský průmysl. K roku 2011 činil konstantní odběr dvou nejvýznamnějších průmyslových odběratelů v MSK (konkrétně společností Arcelor Mittal, a. s. a Biocel Paskov, a. s.) cca 670 sekundových litrů. Mimo zásobovací funkci je přehrada hojně využívána k rekreaci zejména pro její dobrou dostupnost a širokou nabídku služeb. Na přehradě se nachází řada rekreačních středisek a kempů. Kvalita koupací vody je pravidelně kontrolována na třech lokalitách: Lučině, Soběšovicích a Dolních Domaslavicích. [43]

### VN Olešná (Příloha 3)

VN Olešná se stejně jako VN Žermanice nachází ve frýdeckomísteckém regionu, konkrétně na jihozápadním okraji města Frýdek-Místek a rozprostírá se na stejnojmenné řece. Hlavním účelem zamýšlené výstavby VN bylo zásobování provozní vodou Vítkovických železáren po jejich plánovaném rozšíření. I když se nakonec tento záměr

neuskutečnil, Olešná i přesto byla vybudována a funkci zásobování provozní vodou plní. Představuje totiž druhý přítok do již zmiňované celulózky Biocel Paskov, a. s. o kapacitě 95 l/s, zatímco Žermanice do této společnosti zajišťují konstantně přítok 250 l/s). [43]

Mezi další funkce nádrže patří nadlepšování průtoků samotné řeky Olešné, kterou od soutoku s řekou Ostravice dělí pouhých 10,7 km. Do roku 2015 tato VN plnila rovněž funkci rekreační. Kvůli dlouhodobě nepříznivým senzorickým vlastnostem vody a přítomnosti zcela nového aquaparku v bezprostředním sousedství snižovalo atraktivitu této VN. I zde je pravidelně sledována kvalita vody, a to na dvou lokalitách - Místek a Palkovice. V roce 2016 bylo monitorování kvality koupací vody přerušeno z důvodů zahájeného odtěžování sedimentů s cílem významně zlepšit kvalitu vody. [43, 47]

## 5.7 Parametry všech tří VN:

V tabulce jsou přehledně zpracovány obecné informace, parametry hrází a objemy všech tří nádrží.

Tab. 7 - Parametry všech tří nádrží [40, 43, 45]

Obecné informace:	Slezská Harta	Žermanice	Olešná	(jednotky)
Výstavba:	1987-1997	1951-1956	1960-1964	/
Rok uvedení do provozu:	1999	1967	1968	/
Tok:	Moravice	Lučina	Olešná	/
dlouhodobý průměrný průtok:	5,47	0,565	0,544	m <sup>3</sup> /s
dlouhodobý roční úhrn srážek:	807	966	995	mm
<b>Parametry hráže:</b>				
typ hráže:	kamenitá se šikmým středním těsněním	betonová tížní	kamenitá s vnitřním zemním těsněním	/
kóta koruny hráže:	500,80	295,68	305,73	m.n.m.
délka koruny hráže:	540,0	499,5	395,0	m
maximální výška hráže:	64,80	31,5	15,83	m
maximální hloubka nádrže	80	25	12	m
průměrná hloubka nádrže	23,4	10,12	4,81	m
<b>Objemy nádrže:</b>				
celkový:	218 740	25 015	4 409	mil. m <sup>3</sup>
stálého nadržení:	7 566	0,970	0,300	mil. m <sup>3</sup>
zásobní:	182 011	18 473	3 003	mil. m <sup>3</sup>
retenční ovladatelný:	11 377	5 572	0,201	mil. m <sup>3</sup>
retenční neovladatelný:	17 786	/	0,905	mil. m <sup>3</sup>
zatopená plocha při maximální hladině:	932,5	247,1	89,7	ha

## 6 Porovnání změn sledovaných parametrů v čase

V této pasáži se práce zaměřuje na popis situace na předemtných VN v průběhu let 2011 až 2016. V dalším textu je vždy nejprve graficky formou barevných znaků postupně po jednotlivých koupacích sezónách vyobrazeno celé sledované období příslušné VN, doprovázeno bodovým komentářem změn dílčích parametrů ovlivňujících v součtu výslednou kvalitu na jednotlivých koupacích místech.

Pro analýzu vlivů dílčích ukazatelů nebo i celých skupin na souhrnnou kvalitu vody každé VN bylo použito rozsáhlých databázových zdrojů ve formě excelovských tabulek a doprovodných textových dat, poskytnutých pro neveřejné využití k této práci Krajskou hygienickou stanicí Ostrava. [48]

### VN Slezská Harta

Tab. 8 - VN Slezská Harta 2011 [7]

2011	2.6.	16.6.	30.6.	14.7.	28.7.	4.8.	11.8.	18.8.	1.9.
VN SH - Leskovec nad Moravicí	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN SH - Roudno I.	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN SH - Nová Pláň	😊	😊	😊	😊	😞	😞	😄	😊	😊

Nová Pláň: 28.7. vodní květ, zvýšený počet sinic (dominantně r. *Anabaena*, *Microcystis*, *Planktothrix*) a fytoplanktonu, změna barvy; 4.8. a 11.8. bez vodního květu, přetrvává zvýšený počet fytoplanktonu, sinic a změna barvy

Tab. 9 - VN Slezská Harta 2012 [7]

2012	24.5.	7.6.	21.6.	4.7.	19.7.	23.7.	26.7.	2.8.	16.8.	30.8.
VN SH - Leskovec nad Moravicí	😊	😊	😊	😊	😊	X	X	😊	😊	😊
VN SH - Roudno I.	😊	😊	😊	😊	😊	X	X	😊	😊	😊
VN SH - Nová Pláň	😊	😊	😊	😊	😞	😞	😊	😊	😊	😊

Nová Pláň: 19.7. a 23.7. překročen limit enterokoků (původ nezjištěn). V průběhu sledovaného období 2011 – 2016 se jednalo o ojedinělý výskyt (viz Příloha 4 v závěru této kapitoly)

Tab. 10 - VN Slezská Harta 2013 [7]

2013	22.5.	6.6.	20.6.	4.7.	18.7.	1.8.	15.8.	29.8.
VN SH - Leskovec nad Moravicí	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN SH - Roudno I.	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN SH - Nová Pláň	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊

Tab. 11 - VN Slezská Harta 2014 [7]

2014	22.5.	5.6.	19.6.	3.7.	17.7.	31.7.	14.8.	28.8.
VN SH - Leskovec nad Moravicí	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN SH - Roudno I.	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN SH - Nová Pláň	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊

Tab. 12 - VN Slezská Harta 2015 [7]

2015	21.5.	4.6.	18.6.	2.7.	16.7.	30.7.	13.8.	27.8.
VN SH - Leskovec nad Moravicí	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN SH - Roudno I.	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN SH - Nová Pláň	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊

Tab. 13 - VN Slezská Harta 2016 [7]

2016	19.5.	2.6.	16.6.	30.6.	14.7.	28.7.	11.8.	25.8.
VN SH - Leskovec nad Moravicí	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN SH - Roudno I.	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN SH - Nová Pláň	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊

V letech 2013 až 2016 byla na všech koupacích místech dle pravidel pro souhrnné hodnocení jakosti voda vhodná ke koupání.

## VN Žermanice

Tab. 14 - VN Žermanice 2011 [7]

2011	2.6.	16.6.	30.6.	14.7.	28.7.	4.8.	11.8.	18.8.	1.9.
VN Ž - Dolní Domaslavice	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN Ž - Lučina	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN Ž - Soběšovice	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊

Všechna koupací místa 28.7. zvýšený výskyt fytoplanktonu a sinic (dominantně r. Limnotherix – přetrvává i 4.8.); 1.9. ve zvýšené míře fytoplankton a sinice (dominantně r. Anabaena a Aphanizomenon, méně Limnotherix – viz Příloha 7 v závěru této kapitoly), výskyt vodního květu (vyjma Lučiny); sluneční svit od poloviny do konce srpna denně 8-12 hodin, denní teploty: poslední dva srpnové týdny běžně nad 30 °C.

Tab. 15 - VN Žermanice 2012 [7]

2012	31.5.	14.6.	28.6.	12.7.	26.7.	9.8.	23.8.	30.8.	6.9.
VN Ž - Dolní Domaslavice	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN Ž - Lučina	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	X	😊
VN Ž - Soběšovice	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	X	😊

D.Domaslavice zvýšený výskyt sinic (23.8. r.Anabaena, 30.8. r.Microcystis – vždy hojně), 3.9. sinic méně (hojně Aphanizomenon); od 20.8. dostatek slunečního svitu a teploty nad 30°C;

Tab. 16 - VN Žermanice 2013 [7]

2013	30.5.	13.6.	27.6.	11.7.	25.7.	8.8.	22.8.	5.9.
VN Ž - Dolní Domaslavice	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN Ž - Lučina	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN Ž - Soběšovice	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊

Všechna koupací místa 22.8. zvýšený výskyt sinic a nárůst chlorofylu-a (dominantně r. *Microcystis*, hojně r. *Limnotherix* – přetrvává i 5.9.), zhoršená průhlednost na limit 1 m; zvýšená míra slunečního svitu v první polovině srpna, před zhoršením několikadenní teploty nad 30°C.

Tab. 17 - VN Žermanice 2014 [7]

2014	29.5.	12.6.	26.6.	10.7.	24.7.	7.8.	21.8.	1.9.
VN Ž - Dolní Domaslavice	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN Ž - Lučina	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN Ž - Soběšovice	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊

Na všech koupacích místech dle pravidel pro souhrnné hodnocení jakosti voda vhodná ke koupání.

Tab. 18 - VN Žermanice 2015 [7]

2015	28.5.	11.6.	25.6.	9.7.	23.7.	6.8.	20.8.	3.9.
VN Ž - Dolní Domaslavice	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN Ž - Lučina	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN Ž - Soběšovice	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊

D.Domaslavice: 23.7. snížena průhlednost pod limit, 3.9. zhoršení na všech místech (příčina nezjištěna – slabý výskyt sinic, lepší průhlednost i další ukazatele); od 16.7. do 25.7. denní teploty kolem 30°C - koncem sezóny pod 20°C.

Tab. 19 - VN Žermanice 2016 [7]

2016	26.5.	9.6.	23.6.	7.7.	21.7.	4.8.	18.8.	1.9.
VN Ž - Dolní Domaslavice	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN Ž - Lučina	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
VN Ž - Soběšovice	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊

Na všech koupacích místech dle pravidel pro souhrnné hodnocení jakosti voda vhodná ke koupání.

V přílohách (Příloha 9) je zobrazen vývoj sinic a chlorofylu napříč lety 2011 až 2016 pro VN Žermanice – Lučina.



## VN Olešná

Tab. 20 - VN Olešná 2011 [7]

2011	2.6.	16.6.	30.6.	14.7.	28.7.	4.8.	11.8.	18.8.	1.9.
VN O - Místek									
VN O - Palkovice									

Místek: 28.7. a 18.8. vyšší výskyt koliformních bakterií; na obou koupacích místech, po celou sezónu průhlednost pod limitem (viz Příloha 5 v závěru této kapitoly).

Tab. 21 - VN Olešná 2012 [7]

2012	31.5.	14.6.	28.6.	12.7.	26.7.	9.8.	16.8.	23.8.	30.8.	6.9.
VN O - Místek										
VN O - Palkovice										

Na obou koupacích místech postupně od 9.8. zvýšený výskyt sinic (dominuje r. *Anabaena*, řídce *Aphanizomenon*), 16.8. enormní výskyt sinic (dominuje r. *Anabaena*, řídce *Limnithrix*, *Planktothrix* a *Microcystis*) – vodní květ Místek, od 23.8. postupný pokles výskytu sinic (hojně r. *Anabaena*, a *Aphanizomenon*) – vodní květ na obou místech, 3.9. sinic méně (hojně r. *Anabaena*, *Limnithrix* i *Planktothrix* – viz Příloha 8 na konci této kapitoly); dostatek slunečního svitu, od 30.7. do 9.8. a opakovaně od 20.8. do 24.8. velmi vysoké teploty nad 30°C. Na obou koupacích místech po celou sezónu průhlednost pod limitem.

Tab. 22 - VN Olešná 2013 [7]

2013	30.5.	13.6.	27.6.	11.7.	25.7.	8.8.	22.8.	5.9.
VN O - Místek								
VN O - Palkovice								

Na obou místech 8.8. vodní květ, 13.6. a 8.7. velký výskyt chlorofylu-a, po celou koupací sezónu průhlednost pod limit

Tab. 23 - VN Olešná 2014 [7]

2014	29.5.	12.6.	26.6.	10.7.	24.7.	7.8.	21.8.	1.9.
VN O - Místek								
VN O - Palkovice								

Na obou koupacích místech po celou koupací sezónu kromě 24.7. (Místek) průhlednost pod limitem; 1.9. velký výskyt chlorofylu-a.

Tab. 24 - VN Olešná 2015 [7]

2015	28.5.	11.6.	25.6.	9.7.	23.7.	6.8.	20.8.	3.9.
VN O - Místek								
VN O - Palkovice								

Na obou koupacích místech po celou koupací sezónu kromě období od 28.5. do 9.7. průhlednost pod limitem; na konci koupací sezóny (20.8. a 3.9.) značný výskyt sinic (dominuje r. *Anabaena*, hojně *Aphanizomenon*, *Microcystics*, *Planktothrix* a *Snowella* – viz Příloha 6 – výskyt r. *Anabaena* napříč koupacími sezónami na konci této kapitoly) a chlorofylu-a.

V roce 2016 na obou koupacích místech na VN Olešná se monitoring neuskutečnil z důvodů probíhajícího odtěžování dnových sedimentů.

V přílohách (Příloha 4-9) následuje několik grafických příkladů situací rámcově popsanych v odstavcích u konkrétních hodnocení jmenovaných VN v příslušném období. Pro grafické zjednodušení je místo barevných emotikonů zvolena jednotná škála od jedné (výborná kvalita) do pěti (voda nebezpečná ke koupání), přičemž hodnoty jsou řazeny sestupně shora dolů.

## 7 Identifikace rozdílů mezi kvalitou vod ve sledovaných nádržích

Každá z popisovaných VN má v kontextu posuzovaného celku svá vlastní specifika, byť leží na území jednoho kraje. Vedle parametrů souvisejících s aktuálními stavebně technickými vlastnostmi jednotlivých VN (jako jsou např. rozměry, plocha, hloubka a objem zadržované vody, aktuální výška vodní hladiny a její kolísání v průběhu období roku) i danými fyzikálně chemickými zákonitostmi (jako je třeba struktura podloží, hodnota pH vody, její teplota a obsah jednotlivých rozpuštěných i pevných organických či anorganických látek) je kvalita vody značně závislá rovněž na jakosti vody, která ve VN cirkuluje. Ať už prostřednictvím množstvím dešťových srážek a zpětným vypařováním do ovzduší, tak zejména přítoky do těchto nádrží. A protože nečistoty přinášené těmito toky mohou leckdy významně ovlivnit výslednou kvalitu vody ve VN, je rovněž jakost přítoků a chemické složení přitékající vody do nádrží předmětem systematické kontroly ze strany orgánů státní správy (např. KHS či POD).

Další odstavce této práce proto budou soustředěny jak na popis jednotlivých VN se zaměřením na zdůraznění rozdílnosti kvality vody ve sledovaném období, tak na hodnocení rizik případného, nebo i reálného znečištění přítoků do nádrží - zde vlivem značných rozdílů kvality (tudíž i hodnocení) jednotlivých přítoků nebudou parametry popsány souhrnně, nýbrž jednotlivě či skupinově u každého zdroje potenciálního znečištění.

### 7.1 VN Slezská Harta [46]

Z hlediska rekreačního využití rozlišujeme tři koupací místa v lokalitách *Leskovec nad Moravíci*, *Nová Pláň* a *Roudno I*. Všechna jsou svým charakterem břehu travnatá či kamenitá s bahnitým dnem v délkách od 100 do 300 m. Krátkodobá znečištění zde nebyla v uplynulých letech zaznamenána.

K posouzení jakosti vody v samotné nádrži je dále zavedeno měření a vyhodnocování vybraných hodnot parametrů na třech hlavních stejnojmenných monitorovacích místech, kde sledujeme jakost vody podle ukazatelů mikrobiologie, případného výskytu sinic a průhlednosti. Do roku 2011 byl ještě sledován parametr obsahu celkového obsahu fosforu (Pcelk). Sledujeme i souhrnné hodnocení.

Všechna zde uvedená monitorovací místa na VN Slezská Harta vykazují z dlouhodobého hlediska výbornou mikrobiologickou jakost (kromě již zmíněného epizodního výskytu v roce 2012) vodu prakticky bez výskytu sinic, s průhledností převyšující 1 m a vyhovujícím stavem.

### Slezská Harta – přítoky do VN (Příloha 10) [46]

Plocha oblasti vlivu na povodí VN Slezská Harta měří 464,1 km<sup>2</sup>. Součástí monitoringu jsou její přítoky, tvořené řekou Moravicí a několika menšími toky, kde je vedle sledování jakosti vody z pohledu mikrobiologie, obsahu fosforu, výskytu sinic, některých dalších faktorů a celkového zhodnocení posuzována míra rizika znečištění toků z bodových a rozptýlených (difuzních) zdrojů. Uspokojivé je konstatování, že na všech dalších monitorovacích bodech jsou vysoce podlimitní hodnoty mikrobiologie.

Dalšími monitorovacími body jsou postupně:

- *ústí Černého potoka* vykazuje nadlimitní hodnoty obsahu fosforu a sloučenin dusíku. I přes nepřítomnost sinic je zde celkový stav nepříznivý;
- *ústí Kočovského potoka* se obsahem fosforu pohybuje kolem limitu. Sinice zde nejsou a celkový stav je hodnocen jako příznivý;
- *Moravice – Valšov*. Zde je mírně nadlimitní obsah fosforu a absence sinic. Celkový stav je hodnocen jako příznivý;
- *Moravice – Pod Bělokamenným potokem*, kde jsou všechny zmíněné ukazatele splněny a stav je hodnocen jako vyhovující;
- *ústí Razovského potoka* vykazuje nevyhovující hodnoty koncentrace celkového fosforu. Přestože zde nejsou přítomny sinice, je zde celkový stav nepříznivý.

Bodovými zdroji jsou:

- *ČOV Bruntál a Stará Ves* - ČOV vykazující střední riziko mikrobiálního znečištění, avšak vysoké riziko přísunu fosforu a tudíž i celkové hodnocení rizikovosti zdroje;
- *Rýmařov – ČOV, Břidličná – ČOV a Rázová – ČOV*, které vykazují vysoké riziko mikrobiálního znečištění a extrémní riziko přísunu fosforu, tedy i celkové hodnocení rizikovosti zdroje;
- *obec Rýžoviště – kanalizace bez ČOV*, kde mikrobiální znečištění stejně jako přísun fosforu a souhrnné hodnocení rizik vychází jako vysoké.

Difuzních zdrojů znečištění je celá řada, mezi ty s extrémní rizikovostí pro ovlivnění kvality přítoků patří:

- *neodkanalizované části obcí Razová, Rýmařov a Bruntál*;
- vysokou míru rizika pak představují *obce Staré Město, Václavov u Bruntálu, Moravský Kočov, Roudno*, případně *neodkanalizované části obcí Světlá Hora, Břidličná a Lomnice*.

## 7.2 VN Žermanice [46]

K rekreaci a provozování vodních sportů zde slouží tři koupací místa v lokalitách *Žermanice - pláž*, *Lučina – pod kempem* a *Soběšovice – Pod Husarůvkou*. Dle charakteru užití jsou tvořena jak travnatým břehem s pozvolným vstupem do vody, tak i moly nebo betonovými panely s bahnitým dnem. Jejich délka se pohybuje od 300 do 500 m. Ani zde nebyla pozorována krátkodobá znečištění.

K hodnocení jakosti vody v nádrži je zavedeno měření na třech hlavních stejnojmenných monitorovacích místech *Dolní Domaslavice*, *Lučina* a *Soběšovice*, kde opět zjišťujeme mikrobiologii, případný výskyt sinic, průhlednost a souhrnné hodnocení.

Všechna uvedená monitorovací místa na VN Žermanice vykazují z dlouhodobého hlediska výbornou mikrobiologickou jakost, vodu s relativně nižším výskytem sinic, se stabilní průhledností nad 1 m a celkově vyhovujícím stavem.

### Žermanice – přítoky do VN (Příloha 11) [46]

Plocha oblasti vlivu na povodí VN Žermanice leží na území o výměře 45,4 km<sup>2</sup>. Monitoring se soustřeďuje na její přítok tvořený řekou Lučinou a několika menšími toky. I zde je kromě sledování jakosti vody z pohledu mikrobiologie, obsahu fosforu, výskytu sinic, některých dalších faktorů a celkového zhodnocení posuzována míra rizika znečištění toků z bodových a rozptýlených (difuzních) zdrojů.

Dalším monitorovacím bodem je zde

- *Lučina, nad nádrží Žermanice*, jež ve všech sledovaných ukazatelích splňuje dané limity a je hodnocen vyhovujícím stavem.

Bodovými zdroji jsou:

- *Lučina – ČOV*, vykazující vysoké riziko mikrobiálního znečištění i extrémní riziko přísunu fosforu a tudíž i celkově extrémní hodnocení rizikovosti zdroje;
- *Přijímací středisko MV Vyšní Lhoty* a *Tozos jatka Vojkovice – ČOV*, kde mikrobiální znečištění stejně jako přísun fosforu a souhrnná hodnocení rizik vycházejí jako střední;
- *Hostinec a minipivovar U Konička Vojkovice – ČOV* představuje ve všech ukazatelích nízké riziko.

Difuzních zdrojů znečištění je i zde celá řada, kam z pohledu extrémní rizikovosti pro ovlivnění kvality přítoků spadají:

- *neodkanalizované části obcí Lučina, Soběšovice, Dolní Domaslavice;*
- *neodkanalizované celé obce Horní Domaslavice, Dolní Tošanovice, Vojkovice a Dobratice; jen obec Vyšní Lhoty se jeví ve zmíněných ukazatelích jako středně riziková.*

### 7.3 VN Olešná [46]

Dvě koupací místa se nalézají v lokalitách Místek (pod rekreačním areálem Olešná) a Palkovice „U Rybárny“. Vstup do vody je pozvolný či jen z části nezpevněný, břeh travnatý a dno bahnaté. Délka jejich břehů je zhruba 500 m a 300 m. V uplynulých letech zde nebylo krátkodobé znečištění monitorováno.

K hodnocení jakosti vody v prostoru VN Olešná slouží měření na dvou hlavních monitorovacích bodech Místek a Palkovice. I zde zjišťujeme mikrobiologii, výskyt sinic, průhlednost a souhrn pro zhodnocení stavu.

Přestože všechna uvedená monitorovací místa na VN Olešná vykazují z dlouhodobého hlediska výbornou mikrobiologickou jakost, ve vodě jsou opakovaně v letních měsících pozorovány nadlimitní koncentrace sinicových buněk (v roce 2012 doprovázeny tvorbou vodního květu). Průhlednost vody se dlouhodobě pohybuje pod jedním metrem – je zde celkově konstatován nevyhovující stav.

#### [Olešná – přítoky do VN \(Příloha 12\) \[46\]](#)

Plocha oblasti vlivu na povodí VN Olešná se rozprostírá na ploše 32,83 km<sup>2</sup>. Monitoring si i zde všímá jejich přítoků, tvořených řekou Olešnou a několika menšími toky, přičemž platí posouzení dle kategorií zmíněných výše (tj. sledování mikrobiologie, obsahu fosforu, výskytu sinic, některých dalších faktorů a celkového zhodnocení, posouzení stupně rizika znečištění toků z bodových a difuzních zdrojů).

Dalšími monitorovacími body zde jsou:

- *VT Olešná – nad nádrží Olešná, jež vykazuje překračující hodnoty koncentrace celkového fosforu. Přestože zde nejsou přítomny sinice a mikrobiologie je hluboko pod limitem, je zde celkový stav nepříznivý;*
- *ústí VT Zelinkovický potok, které se překročením koncentrace celkového fosforu řadí k celkově nepříznivému stavu i přes absenci sinic a hluboce podlimitní mikrobiologii, když celkový stav navíc zhoršuje organické znečištění toku.*

Bodové zdroje znečištění *nebyly ve sledovaném období v oblasti identifikovány.*

Naopak difuzních zdrojů znečištění je zde rovněž celá řada, z důvodu vysoké rizikovosti pro ovlivnění kvality přítoků sem patří:

- *neodkanalizované části obcí Metylovice, Frýdek Místek - Zelinkovice a Frýdek Místek – Lysůvky, které vykazující vysoké riziko mikrobiálního znečištění i přísunu fosforu a tudíž i celkové hodnocení rizikovosti zdroje.*
- Mezi významné faktory posledních let se řadí: *sedimenty v nádrži se středním mikrobiálním znečištěním a extrémním přísunem fosforu a tedy i celkově extrémním hodnocením znečištění.*
- Naproti tomu střední riziko ve všech ohledech představuje *zástavba rodinných domků v blízkosti nádrže.*

## 7.4 Vliv klimatických podmínek na vývoj kvality vod

Změna klimatu způsobená antropogenními zásahy je nesporná. Koncentrace skleníkových plynů nebyvale zvyšuje úroveň výsledného oteplení atmosféry a oceánu a zapříčiňuje redukci sněhové pokrývky i mocnosti ledovců. Dochází ke zvyšování mořské hladiny, k acidifikaci oceánů, ke změnám ve vodních cyklech (v koloběžích vody) a ke klimatickým extrémům. [49]

Dle zpráv IPCC (tzv. Mezivládního panelu pro změny klimatu) se předpokládá, že změna klimatu bude mít významný následný dopad na kvalitu vody, především z důvodů pozměněných dešťových srážek a odtokových režimů, ale též kvůli vyšší hladině moří. S velkou pravděpodobností bude řada forem nynějšího znečištění vody ještě dále zhoršena. Příčinou bude vzájemné působení zvýšené teploty, množství sedimentů, živin a jiných polutantů transportovaných během přívalových dešťů, odtoků a půdní eroze a dále pak zvyšující se koncentrace znečišťujících látek během období sucha. Narušení přirozené rovnováhy po dobu povodní bude představovat zhoršení kvality surové vody a tím zvýšení rizika jakosti vyrobené pitné vody za předpokladu tradiční a nezměněné technologie úpravy. S rostoucí populací se také bude zvyšovat množství dusíku a fosforu ve vodách. Je předpokládáno, že k roku 2050 se populace zvýší o jednu pětinu a množství fosforu a dusíku se vyšplhá až k 172% resp. 129% nynějších koncentrací. Při zvýšení mořské hladiny se očekává zvětšení území ústí řek s následným narušením sladkovodních zdrojů slanou vodou, jež způsobí značný úbytek jejich dostupnosti. Všechny tyto klimatické změny vyvolané pozměněnými teplotami a jinými odtokovými režimy se změnou kvality vody a salinity povedou ke změnám rozložení druhů ve sladkovodních útvech, ke snížení funkce ekosystému a ještě dále prohloubí problémy spojené s udržením jakosti vody. [49]

Zmiňovány jsou čtyři hlavní oblasti vlivu klimatických změn a jejich projevy (přímé a nepřímé vlivy klimatických změn na kvalitu vody): [49]

### 1. zvýšená kritičnost a frekvence povodní

- Narušení zařízení pro úpravu vody během povodní, následná rizika kvality pitných vod a vliv na lidské zdraví
- Zvýšený odtok a ztráta živin vedoucích ke zvýšení eutrofizace vod
- Značná ztráta těžkých kovů, solí a jiných znečišťujících látek při zvýšeném odtoku
- Nadměrná eroze půdy a odnos sedimentů, organických a patogenních látek vedoucích k následnému zhoršení tradičního způsobu úpravy surové vody na vodu pitnou
- Zvýšené množství vypouštění naředěných splaškových vod přes přepady stok
- Zvýšená resuspendace dnových sedimentů v nádržích a korytech řek obsahujících vysoké koncentrace kovů spojených s nebezpečím kontaminace pitné vody a riziko transportu sedimentů na zemědělsky obdělávané plochy v záplavových oblastech
- **Dopady na sladkovodní ekosystémy:** úhyn a změna rozložení druhů, změna říční geomorfologie a přirozeného prostředí, zvýšené riziko invazivních druhů, snížená funkce ekosystému

### 2. zvýšená kritičnost a frekvence období sucha

- Menší naředění polutantů z bodových zdrojů znečištění jako výsledek nižších úhrnů srážek, omezené napájení podzemních vod a zrychlený ústup ledovců
- Vysychání půdy (zmenšování jejího objemu) a škody na vodní infrastruktuře, následné riziko ohrožení kvality pitné vody a životního prostředí, zvýšené náklady na údržbu
- Zvýšená kritičnost a frekvence lesních požárů a snížená infiltrace
- **Dopady na sladkovodní ekosystémy:** úhyn a změna rozložení druhů, snížená funkce ekosystému

### 3. zvyšování hladiny moří

- Rozšíření ústí řek a průsak slané vody do podzemních zdrojů vody, především v oblastech, kde se očekává pokles srážkových úhrnů a zvýšení poptávky po vodě



- Zvýšené náklady na úpravu pro pitné účely, průmyslovou produkci a zemědělské využití
- Pronikání slané vody do stok/kanálů, následný proces koroze a zvyšování potřeby údržby vodní infrastruktury
- **Dopady na sladkovodní ekosystémy:** úhyn a změna rozložení druhů, snížená funkce ekosystému

#### 4. zvyšování teploty vody

- Snížená rozpustnost kyslíku, nadměrný rozvoj sinic a významnější stratifikace může vést k anoxickým stavům
- Následné toxiny sinic ohrožují kvalitu pitné vody a lidského zdraví
- Zvýšení eroze půdy spojené s táním ledovců
- **Dopady na sladkovodní ekosystémy:** úhyn a změna rozložení druhů, snížená funkce ekosystému

### 7.5 Nápravná opatření

Nápravných opatření existuje celá řada a jsou prováděna především za účelem snížení koncentrací nutrientů (hlavně fosforu jako limitujícího prvku) v nádrži. Dosažení eliminace fosforu je možné především snížením jeho koncentrace v přítocích do nádrže a zvyšováním retenční schopnosti nádrže pro tento limitující prvek. Opatření se tedy uskutečňují v rámci celého povodí, na přítoku a v samotné nádrži. Mají smysl pouze v kombinaci několika opatření – tato problematika vyžaduje komplexní řešení. [50]

Kombinaci nápravných opatření je vždy nutné individuálně vyhodnotit podle parametrů řešené nádrže, jako jsou její hloubka, plocha, průtočnost, obsah sedimentů, využití, přísun živin a skladba vodních organismů. [51]

Mezi nejrozšířenější nápravná opatření patří vápnění, upuštění nádrže (tzv. letnění), výměna rybí osádky, dávkování chemických přípravků do vtoku nebo samotné nádrže a v konečné fázi také dosti finančně nákladné vytěžení sedimentů a tím způsobené snížení vnitřního zatížení nádrže. [52]

VN Olešná vykazovala již delší dobu zhoršenou kvalitu vody z důvodu nadměrného množství sedimentů na dně nádrže. Na začátku roku 2016 se tedy přistoupilo k razantnímu kroku nápravy, a to k jeho odtěžení. V koupací sezóně 2016 nebyla kvůli tomuto zásahu kvalita vody na obou místech VN Olešná (Místek a Palkovice) monitorována. [7, 47]

## 8 Závěr

Zadáním této bakalářské práce bylo posoudit kvalitu vody ke koupání v přírodě na území Moravskoslezského kraje. Vzhledem k jeho značné rozloze a dále velikostem jednotlivých zájmových vodních ploch, demografickému rozložení případných rekreantů a s přihlédnutím k dalším odlišnostem byl z počtu cca 20 monitorovaných koupacích míst vybrán reprezentativní vzorek tří odlišných VN: Slezská Harta, Žermanice a Olešná.

Ze srovnání všech tří VN v uplynulém šestiletém (resp. zkráceném pětiletém) období nejlépe vychází VN Slezská Harta jako nádrž s nejstabilnějším a nejvyrovnanějším průběhem kvality v jednotlivých koupacích sezónách (vyjma počátku sledovaného období v roce 2011). Na celkově příznivém hodnocení se současně podílela řada faktorů, jakými byl např. stopový výskyt biologického znečištění, vhodné složení mikroskopického obrazu, vysoká průzračnost, větší hloubka nádrže a přitékající množství vody. Výskyt průvodních jevů eutrofizace byl ze všech sledovaných VN nejnižší, jak dokládají výsledky provedených měření.

Na opačném konci kvalitativní škály se nachází VN Olešná, která vedle nepříznivých hodnot průzračnosti vody po převážnou část všech koupacích sezón vykazovala zejména v závěru jednotlivých období zvýšený výskyt sinic, chlorofylu i zhoršení mikroskopického obrazu zvýšenou četností výskytu některých druhů v odebraných vzorcích (zejména v roce 2012).

Z pohledu uplynulých šesti koupacích sezón osciluje kvalita vody na VN Žermanice mezi oběma výše hodnocenými VN. Zhoršení v závěru koupacích sezón vykazuje obdobné znaky s VN Olešná (nárůst některých druhů sinic, chlorofylu, snížení průhlednosti na limitní hodnotu apod.).

Obecně lze konstatovat, že kvalita vody ve sledovaných nádržích (s výjimkou roku 2015 u VN Olešná) ve druhé polovině sledovaného šestiletého intervalu rostla. Dlouhodobě nepříznivý vývoj kvality vody na VN Olešná vyústil ke konci roku 2015 v přípravu celkové rekonstrukce postupným vypouštěním VN s následným odtěžením dnových sedimentů. Proto monitoring této nádrže v roce 2016 neprobíhal.

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] RUDA, Aleš. [www.is.muni.cz](http://www.is.muni.cz) [online]. 2014 [cit. 2017-03-03]. Dostupné z [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz\\_geogr/web/pages/07-voda.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/07-voda.html)
- [2] KALIČINSKÁ, Jitka. *Monitorování životního prostředí*. Ostrava: Pavel Klouda, 2006. ISBN 80-86369-13-7.
- [3] STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚŘAD, <http://www.szu.cz/> [online]. [cit. 2017-02-02]. Dostupné z <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/koupani-ve-volne-prirode/hodnoceni-jakosti-vody-zakladni-informace>
- [4] VYHLÁŠKA č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch
- [5] STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚŘAD, <http://www.szu.cz/> [online]. [cit. 2017-02-02]. Dostupné z <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/koupani-ve-volne-prirode/druhy-mist-ke-koupani>
- [6] ZÁKON č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů
- [7] KRAJSKÁ HYGIENICKÁ STANICE, <http://www.khsova.cz/> [online]. 2007 [cit. 2017-02-14]. Dostupné z [https://www.khsova.cz/01\\_obcanum/kvalita\\_vody.php](https://www.khsova.cz/01_obcanum/kvalita_vody.php)
- [8] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. Vyd. 3., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1999. ISBN 80-7080-340-1.
- [9] NAŘÍZENÍ VLÁDY č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech
- [10] LELLÁK, Jan a František KUBÍČEK. *Hydrobiologie*. Praha: Karolinum, 1992. ISBN 80-7066-530-0.
- [11] MUELLER, David K. a Dennis R. HELSEL, KIDD, Mary A., ed. *Nutrients in the nation's waters: too much of a good thing?*. Washington: United States Government Printing Office, 1996.
- [12] Meinikmann K., Hupfer M., Lewandowski J. Phosphorus in groundwater discharge – A potential source for lake eutrophication. *Journal of Hydrology*. 524 (2015) 214–226
- [13] DATA POD (Ing. Marek Štrajt)
- [14] MARŠÁLEK B.: *Toxiny sinic a současná realita v ČR*, SOVAK, 2001(3), 1-3 s.

- [15] CHORUS, Ingrid. a Jamie. BARTRAM. Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring, and management. New York: E & FN Spon, 1999. ISBN 0-419-23930-8.
- [16] *Znečištění povrchových vod živinami: příčiny, důsledky a možnosti řešení (eu)trofizace : sborník konference: Praha, Novotného lávka, 11. června 2009.* [Praha: Český svaz vědeckotechnických společností, 2009]. ISBN 978-80-02-02154-4.
- [17] ŠTĚPÁNEK, Miroslav a Rudolf ČERVENKA. *Problémy eutrofizace v praxi: příručka pro pracovníky hygienické, vodohospodářské a lázeňské služby.* Praha: Avicenum, 1974.
- [18] KALINA, Tomáš a Jiří VÁŇA. *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii.* Praha: Karolinum, 2005. ISBN 80-246-1036-1.
- [19] PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA JU, [www.sinicearasy.cz](http://www.sinicearasy.cz), [online]. 2003 - 2017 [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <http://www.sinicearasy.cz/134/Cyanobacteria>
- [20] PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA JU, [www.sinicearasy.cz](http://www.sinicearasy.cz), [online]. 2003 - 2017 [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <http://www.sinicearasy.cz/134/Nostocales>
- [21] Zhang W., Wang J., Fan J., Gao D., Ju H. Effects of rainfall on microbial water quality on Qingdao No. 1 Bathing Beach, China. Marine Pollution Bulletin 66 (2013) 185–190
- [22] Schets F.M., Schijven J.F., de Roda Husman A.M. Exposure assessment for swimmers in bathing waters and swimming pools. Water Research, 45 (2011) 2392-2400.
- [23] BLÁHA, Luděk, Pavel BABICA a Blahoslav MARŠÁLEK. Toxins produced in cyanobacterial water blooms - toxicity and risks. Interdisciplinary Toxicology [online]. 2009-01-1, 2(2), - [cit. 2017-03-14]. DOI: 10.2478/v10102-009-0006-2. ISSN 1337-9569. Dostupné z: <http://www.degruyter.com/view/j/intox.2009.2.issue-2/v10102-009-0006-2/v10102-009-0006-2.xml>
- [24] SBORNÍK Eutrofizace 2000: KOČÍ, Vladimír, ed. *Eutrofizace 2000: sborník semináře.* Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2000. ISBN 80-7080-396-7.
- [25] SBORNÍK Cyanobakterie: MARŠÁLEK, Blahoslav a Olga HALOUSKOVÁ, ed. *Cyanobakterie: biologie, toxikologie a možnosti nápravných opatření.* Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, c2004. ISBN 80-903203-8-4.
- [26] MARŠÁLEK B.: *Vliv toxinů sinic na teplokrevné obratlovce a člověka*, Živa: časopis pro biologickou práci. Praha: Academia, 2004 (5), 198-199 s.

- [27] PUMANN, Petr, Státní zdravotní ústav, [www.ekomonitor.cz](http://www.ekomonitor.cz), [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: [http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/file/seminare/2011-02-02/prezentace/10\\_Pumann.pdf](http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/file/seminare/2011-02-02/prezentace/10_Pumann.pdf)
- [28] Czech bathing water quality in 2015. Country Report, May 2016, European Environment Agency
- [29] Quilliam R.S., Kinzelman J., Brunner J., Oliver D.M. Resolving conflicts in public health protection and ecosystem service provision at designated bathing waters. *Journal of Environmental Management* 161 (2015) 237-242
- [30] Mansilha C.R., Coelho C.A., Reinas A., Moutinho A., Ferreira S., Pizarro C., Tavares A. Salmonella: The forgotten pathogen: Health hazards of compliance with European Bathing Water Legislation. *Marine Pollution Bulletin* 60 (2010) 819–826
- [31] STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚŘAD, <http://www.szu.cz/> [online]. [cit. 2017-02-02]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/koupani-ve-volne-prirode/hodnoceni-jakosti-vody-popis-ukazatelu>
- [32] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, [www.mzp.cz](http://www.mzp.cz) [online]. 2008 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/cz/monitoring\\_vod](http://www.mzp.cz/cz/monitoring_vod)
- [33] STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚŘAD, <http://www.szu.cz/> [online]. [cit. 2017-02-02]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/koupani-ve-volne-prirode/zpusob-hodnoceni-jakosti-vody>
- [34] METEOROLOGICKÁ STANICE ČHMÚ [online]. [cit. 2017-03-05]. Dostupné z [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/stanice/ShowStations\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/stanice/ShowStations_CZ.html)
- [35] VÝROČNÍ ZPRÁVY POD [online]. 2017 [cit. 2017-03-05]. Dostupné z <https://www.pod.cz/stranka/vodohospodarska-bilance.html>
- [36] METEOROLOGICKÁ STANICE Maruška [online]. 2006 – 2007 [cit. 2017-03-05]. Dostupné z [http://maruska.ordoz.com/pocasi\\_prehledy/rocní\\_prehled\\_pocasi\\_v\\_moravskoslezskem\\_olomouckem\\_a\\_zlinskem\\_kraji](http://maruska.ordoz.com/pocasi_prehledy/rocní_prehled_pocasi_v_moravskoslezskem_olomouckem_a_zlinskem_kraji)
- [37] WEISSMANNOVÁ, Hana. *Ostravsko*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR; Brno, c2004. ISBN 80-86064-67-0.
- [38] MINISTERSTVO VNITRA, geoportál, <https://geoportal.gov.cz/> [online]. 2010 [cit. 2017-04-07].
- [39] Serrano L., Reina M., Quintana X.D., Romo S., Olmo C., Soria J.M., Blanco S., Fernández-Aláez C., Fernández-Aláez M., Caria M.C., S. Bagella S., Kalettka T., Pätzig

- M. (2017): A new tool for the assessment of severe anthropogenic eutrophication in small shallow water bodies. *Ecological Indicators*. 76 (2017) 324–334
- [40] BROSCH, Otto. *Povodí Odry*. Ostrava: Anagram, 2005. ISBN 80-7342-048-1.
- [41] POVODÍ ODRY, státní podnik, <https://www.pod.cz/> [online]. 2017 [cit. 2017-04-07]. Dostupné z [https://www.pod.cz/plan-Horni-Odry/kapitola-i/kapitola-i.html#a\\_i\\_1\\_3](https://www.pod.cz/plan-Horni-Odry/kapitola-i/kapitola-i.html#a_i_1_3)
- [42] POVODÍ ODRY, státní podnik, <https://www.pod.cz/> [online]. 2017 [cit. 2017-04-07]. Dostupné z <https://www.pod.cz/planovani/cz/pripravne-prace-2004/kapitoly/kap16.html>
- [43] POVODÍ ODRY, státní podnik. *Údolní nádrže*. Ostrava. 2013, propagační materiál.
- [44] SEVEROMORAVSKÉ VODOVODY A KANALIZACE OSTRAVA, státní podnik, <http://www.smvak.cz/home> [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z <http://www.smvak.cz/ostravsky-oblastni-vodovod>
- [45] BROŽA, Vojtěch. *Přehrady Čech, Moravy a Slezska*. Liberec: Knihy 555, 2005. ISBN 80-86660-11-7.
- [46] PROFIL VOD KE KOUPÁNÍ, [www.eagri.cz](http://www.eagri.cz) [online]. 2009 - 2017 [cit. 2017-02-09]. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/prehledy-a-statistiky/povrchove-vody-vyuzivane-ke-koupani/povodi-odry-statni-podnik/>
- [47] RYMEL, Patrik. [www.denik.cz](http://www.denik.cz) [online]. 1. června 2016 [cit. 2017-03-05]. Dostupné z <http://www.denik.cz/moravskoslezsky-kraj/nadrz-olesna-odtezovani-sedimentu-zacne-v-srpnu-20160630.html>
- [48] DATA KHS (Jana Košárková, Ing. Vladimíra Němcová)
- [49] OECD (2017), Diffuse Pollution, Degraded Waters: Emerging Policy Solutions, OECD Studies on Water, OECD Publishing, Paris. [online]. [cit. 2017-04-17]. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264269064-en>
- [50] KRÁSA, Josef. Hodnocení ohroženosti vodních nádrží sedimentem a eutrofizací podmíněnou erozí zemědělské půdy. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2013. ISBN 978-80-01-05428-4.
- [51] DRÁBKOVÁ M., MARŠÁLEK B., Přehled možností a principů omezení masového rozvoje sinic, Brno 2004
- [52] ASIO, [www.asio.cz](http://www.asio.cz) [online]. 2011 - 2017 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z <http://www.asio.cz/cz/168.problematika-trofizace-vodarenskych-nadrzi-realizace-opatreni-na-brnenske-udolni-nadrzi>

## 10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Struktura - Microcystinu LR [23] .....	12
Obr. 2 - Kvalita vod určených ke koupání – roční trendy pro monitorované lokality v České republice [28] .....	15
Obr. 3 - Kvalita vod určených ke koupání v České republice v roce 2016 [28] s vyznačením nevyhovujících lokalit v MSK – Brušperk.....	16
Obr. 4 - Symbol pro výbornou jakost vody [8].....	19
Obr. 5 - Monitorovací stanice Červená a VN Slezská Harta [34] .....	22
Obr. 6 - Monitorovací stanice Lučina, VN Žermanice a VN Olešná [34].....	22
Obr. 7 - Průměrné roční úhrny srážek v povodí Odry[35, 36].....	23
Obr. 8 - Průměrné roční teploty v povodí Odry [35, 36] .....	24
Obr. 9 - Sumy slunečního svitu za jednotlivé koupací sezóny [13] .....	25
Obr. 10 - Denní průměry slunečního svitu za jednotlivé koupací sezóny [13] .....	25
Obr. 11 - Geologická situace na území VN Slezská Harta [38] .....	26
Obr. 12 - Pedologická situace na území VN Žermanice a a VN Olešná [38] .....	27
Obr. 13 - Detail VN Žermanice [38].....	27
Obr. 14 - Detail VN Olešná [38].....	28
Obr. 15 - Klimatické oblasti ČR podle E. Quitta (1971) .....	30
Obr. 16 - Pedologická charakteristika na území VN Slezská Harta [38] .....	32
Obr. 17 - pedologická situace na území VN Žermanice a VN Olešná [38] .....	33
Obr. 18 - Detail VN Žermanice [38].....	33
Obr. 19 - Detail VN Olešná [38].....	34

## 11 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 - Výskyt toxických cyanobakterií (1959-1999) [14] .....	9
Tab. 2 - rozdělení cyanotoxinů podle typů působení na živé organismy [25].....	11
Tab. 3 - Porovnání toxicity přírodních látek [25] .....	11
Tab. 4 - Půdní typy na území VN Slezská Harta [38] .....	32
Tab. 5 - půdní typy na území VN Žermanice [38].....	34
Tab. 6 - Půdní typy na území VN Olešná [38] .....	34
Tab. 7 - Parametry všech tří nádrží [40, 43, 45] .....	36
Tab. 8 - VN Slezská Harta 2011 [7] .....	37
Tab. 9 - VN Slezská Harta 2012 [7] .....	37
Tab. 10 - VN Slezská Harta 2013 [7] .....	37
Tab. 11 - VN Slezská Harta 2014 [7] .....	38
Tab. 12 - VN Slezská Harta 2015 [7] .....	38
Tab. 13 - VN Slezská Harta 2016 [7] .....	38
Tab. 14 - VN Žermanice 2011 [7] .....	38
Tab. 15 - VN Žermanice 2012 [7] .....	38
Tab. 16 - VN Žermanice 2013 [7] .....	39
Tab. 17 - VN Žermanice 2014 [7] .....	39
Tab. 18 - VN Žermanice 2015 [7] .....	39
Tab. 19 - VN Žermanice 2016 [7] .....	39
Tab. 20 - VN Olešná 2011 [7] .....	40
Tab. 21 - VN Olešná 2012 [7] .....	40
Tab. 22 - VN Olešná 2013 [7] .....	40
Tab. 23 - VN Olešná 2014 [7] .....	40
Tab. 24 - VN Olešná 2015 [7] .....	41

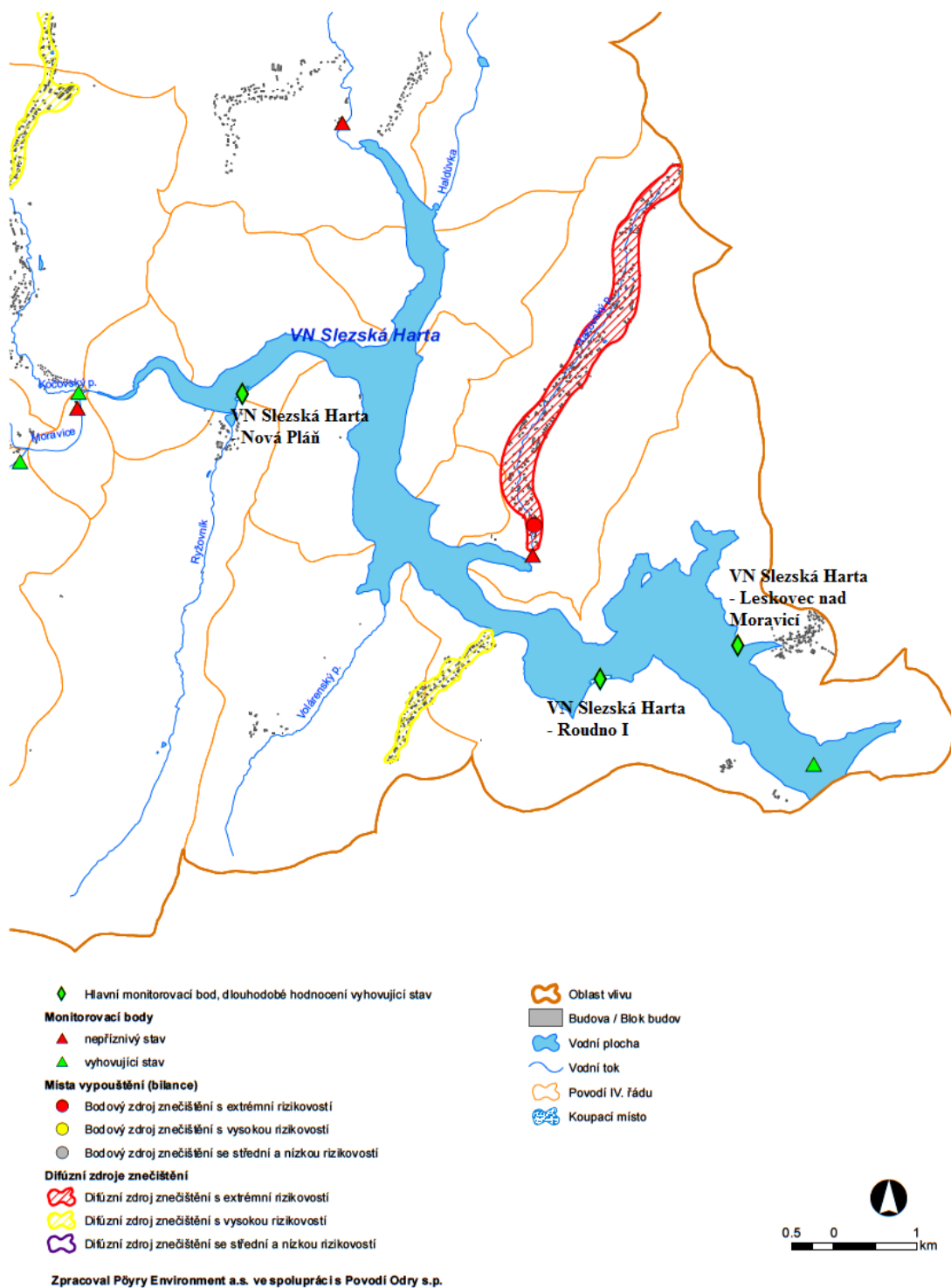


## 12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 - Koupací místa na VN Slezská Harta [46] .....	1
Příloha 2 - Koupací místa na VN Žermanice [46] .....	2
Příloha 3 - Koupací místa na VN Olešná [46] .....	3
Příloha 4 - Slezská Harta 2012 – 2016: ukázka výskytu znečištění vody enterokoky [48]...	4
Příloha 5 - Olešná 2011 - 2015: Ukázka vývoje průhlednosti vody [48] .....	4
Příloha 6 - Olešná 2012-2015: Ukázka výskytu sinic r. Anabaena vždy ke konci koupacích sezón [48].....	5
Příloha 7 - Žermanice 2011: ukázka mikroskopického obrazu dle konkrétního množství buněk [48].....	5
Příloha 8 - Olešná 2012: ukázka mikroskopického obrazu dle škály 0-4 (bez výskytu/ ojediněle/ hojně/ dominantně) [48].....	6
Příloha 9 - Žermanice 2011 - 2016: ukázka sinic a chlorofylu-a [48].....	6
Příloha 10 – Oblast vlivu, přítoky do VN Slezská Harta [46] .....	7
Příloha 11 – Oblast vlivu, přítoky do VN Žermanice [46] .....	8
Příloha 12 – Oblast vlivu, přítoky do VN Olešná [46] .....	9

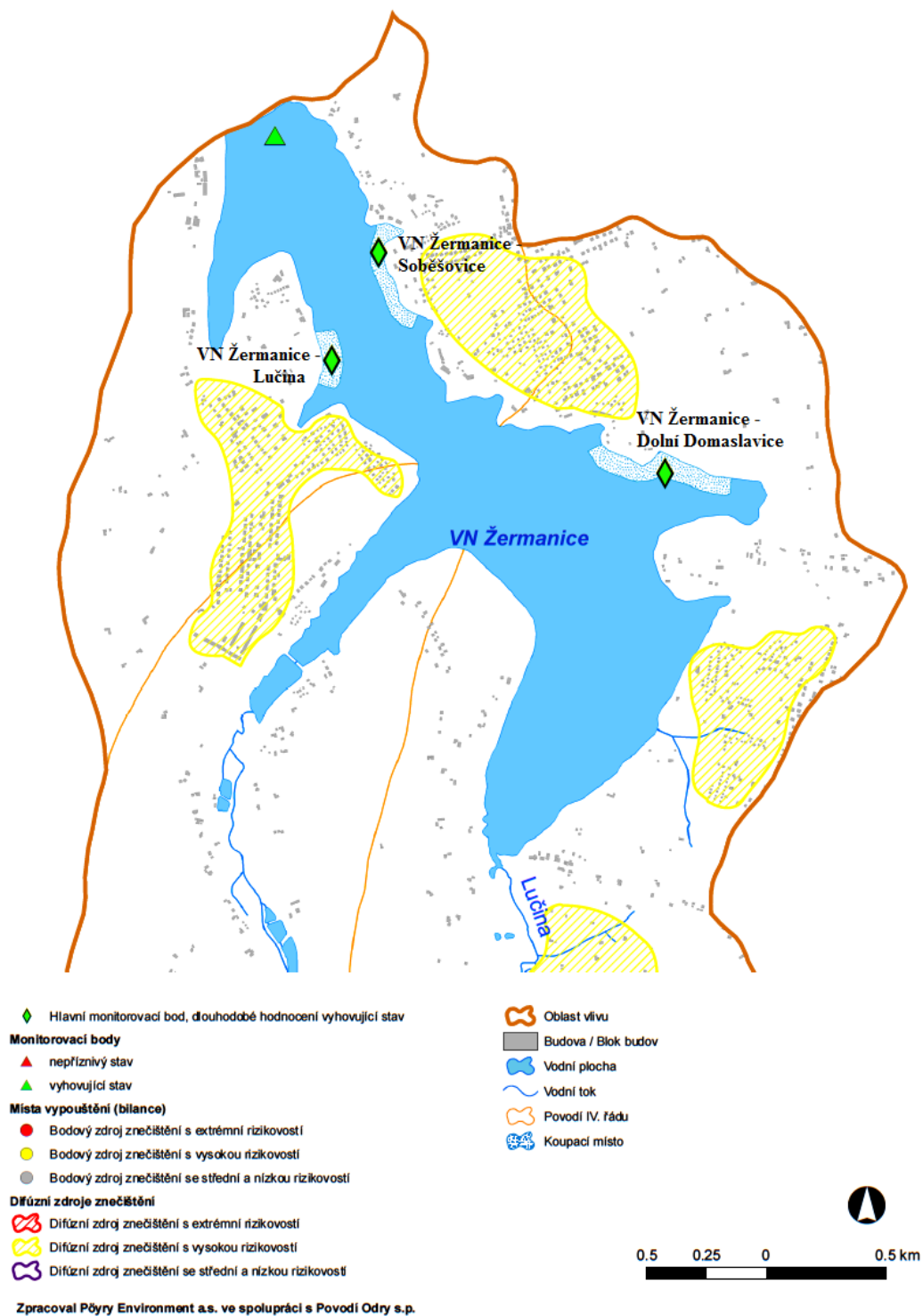
## 13 PŘÍLOHY

### Profil vod ke koupání – VN Slezská Harta



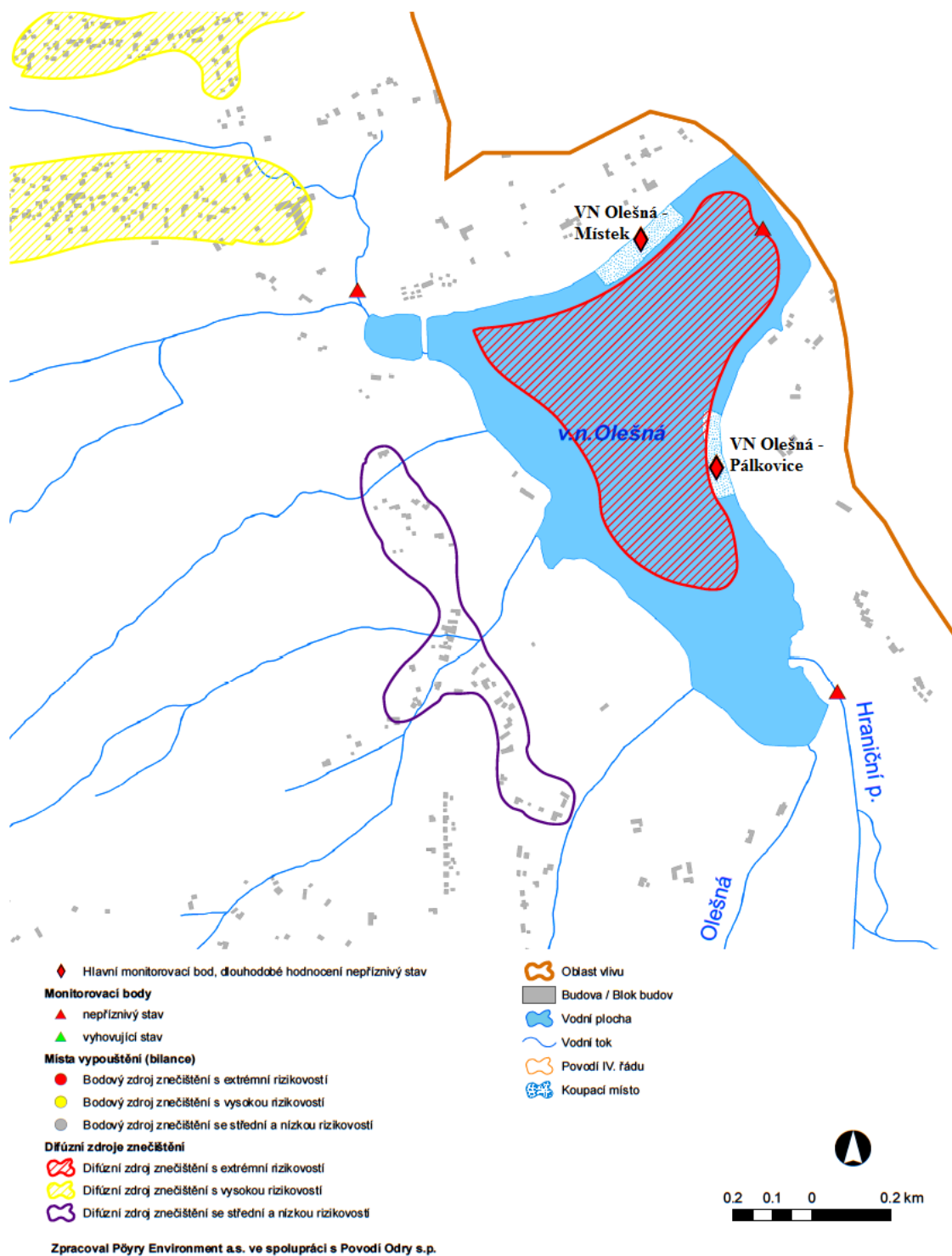
Příloha 1 - Koupací místa na VN Slezská Harta [46]

### Profil vod ke koupání – VN Žermanice

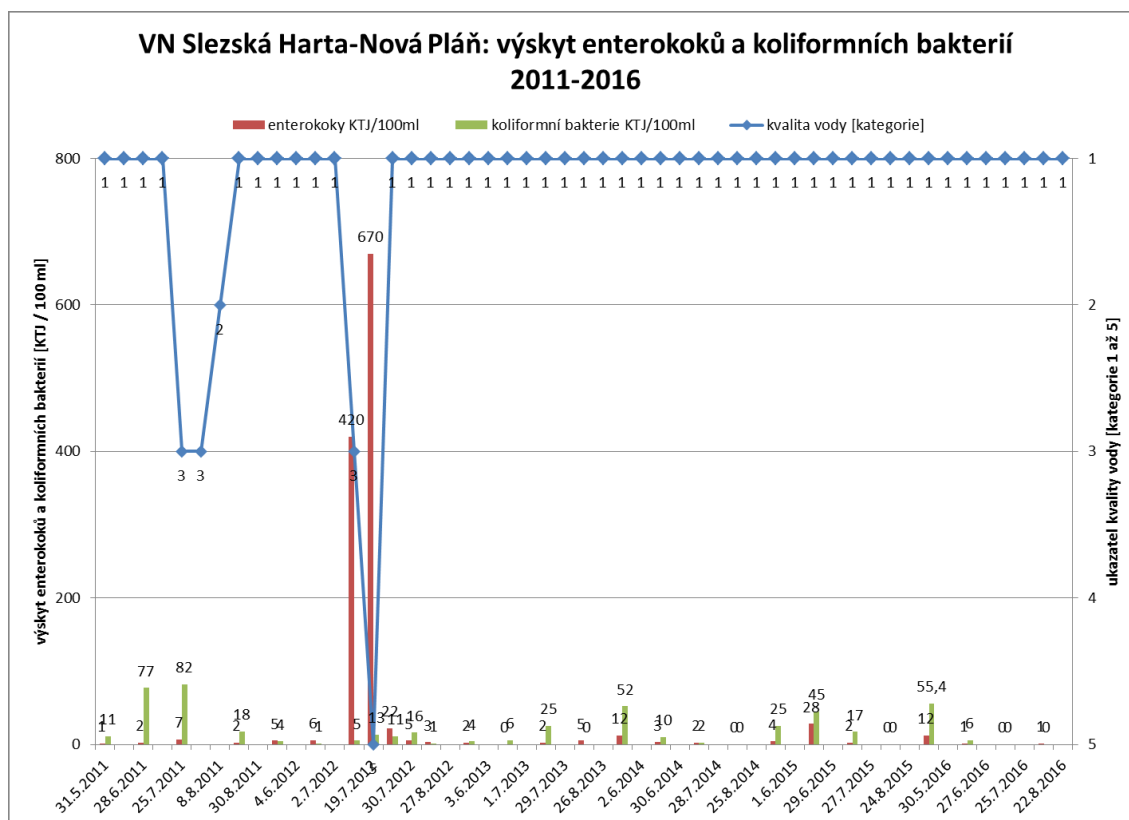


Příloha 2 - Koupací místa na VN Žermanice [46]

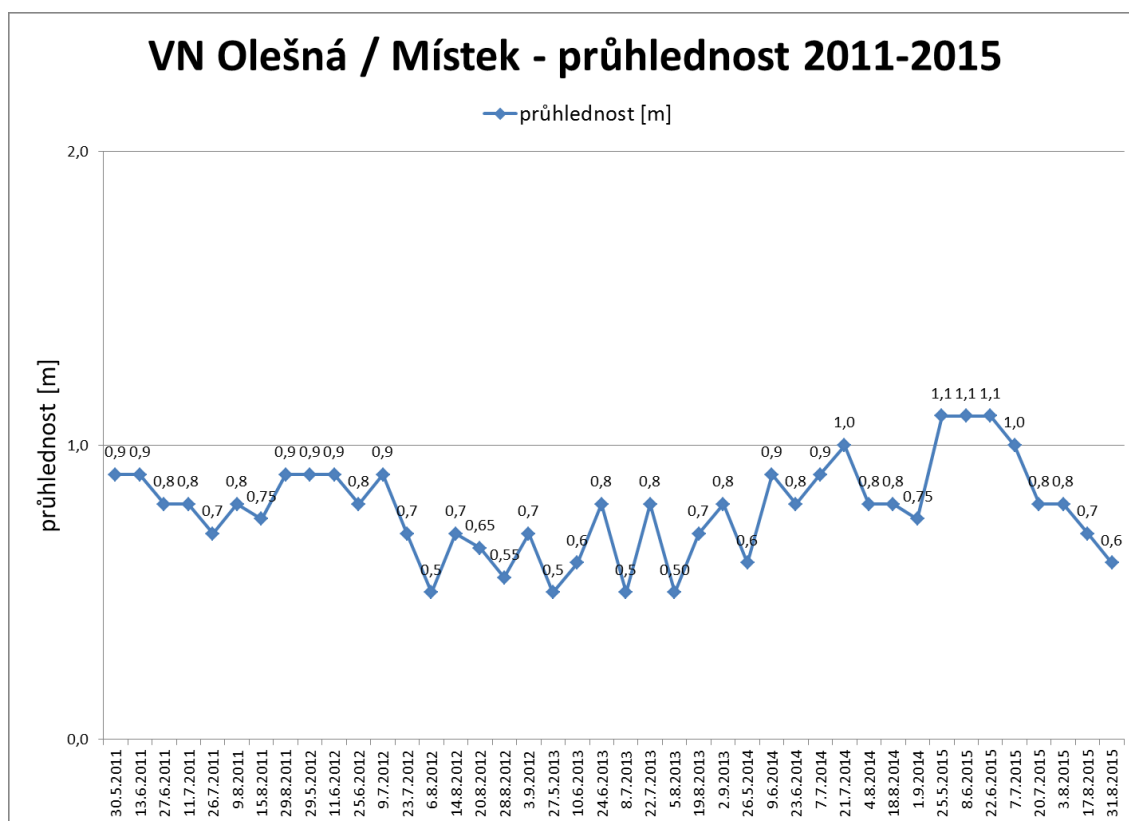
### Profil vod ke koupání – VN Olešná



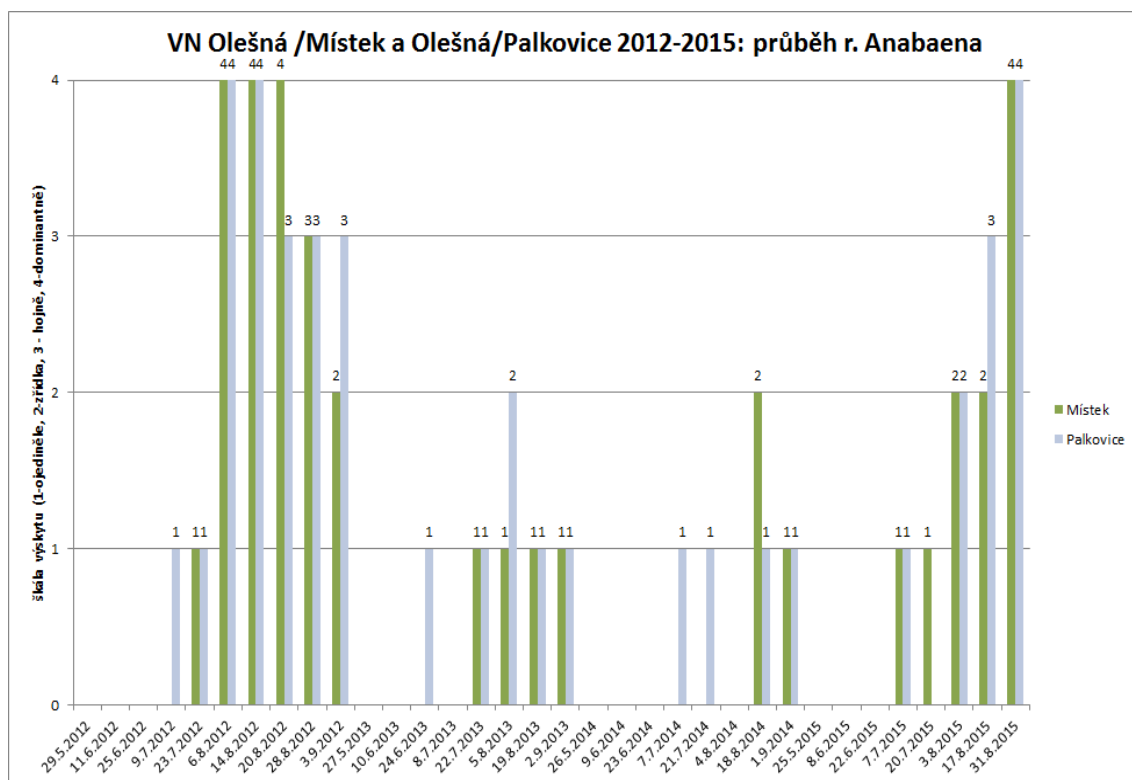
Příloha 3 - Koupací místa na VN Olešná [46]



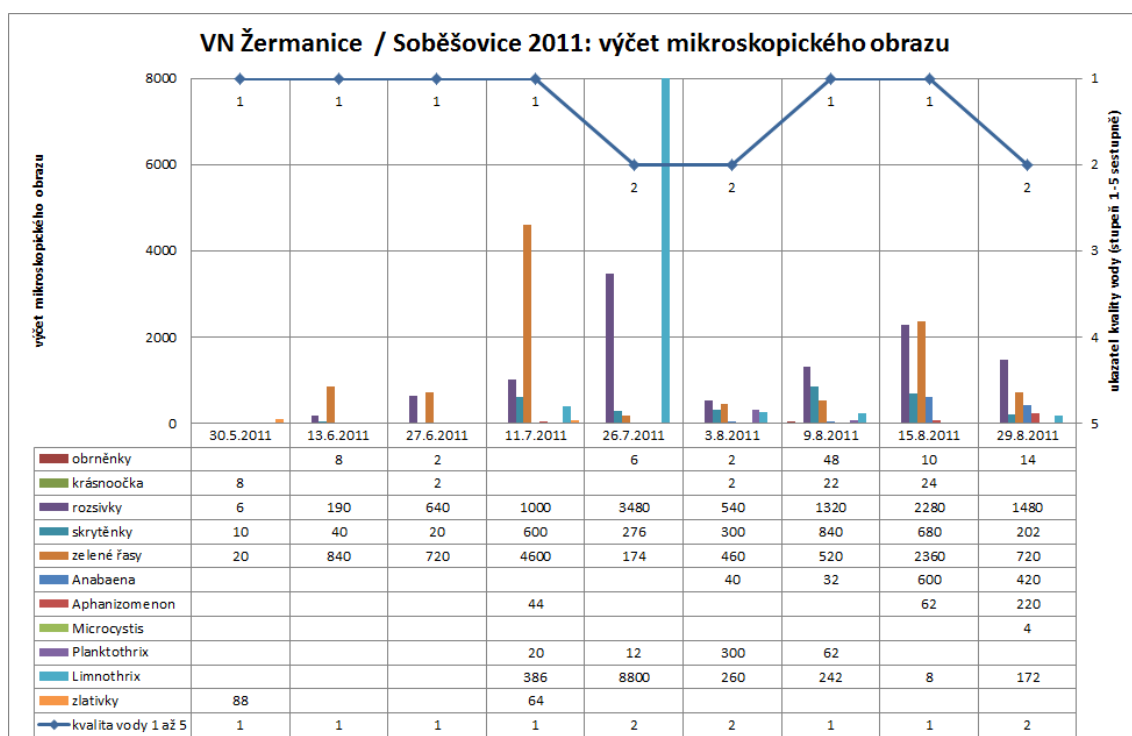
Příloha 4 - Slezská Harta 2012 – 2016: ukázka výskytu znečištění vody enterokoky [48]



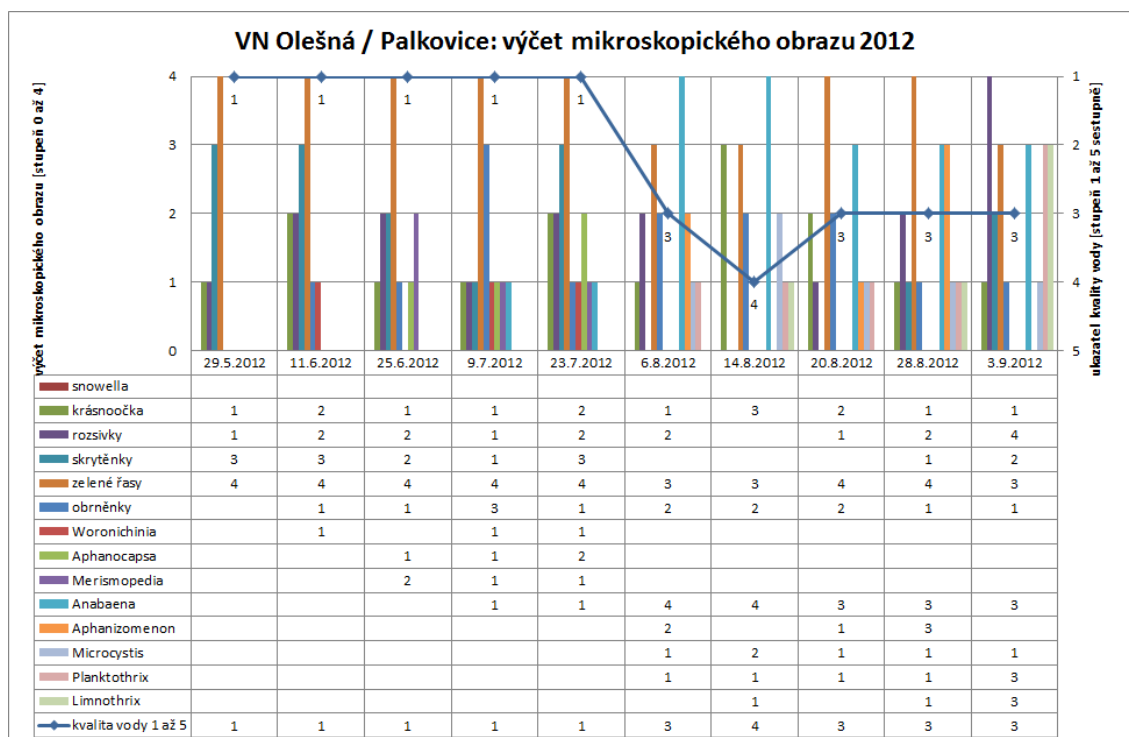
Příloha 5 - Olešná 2011 - 2015: Ukázka vývoje průhlednosti vody [48]



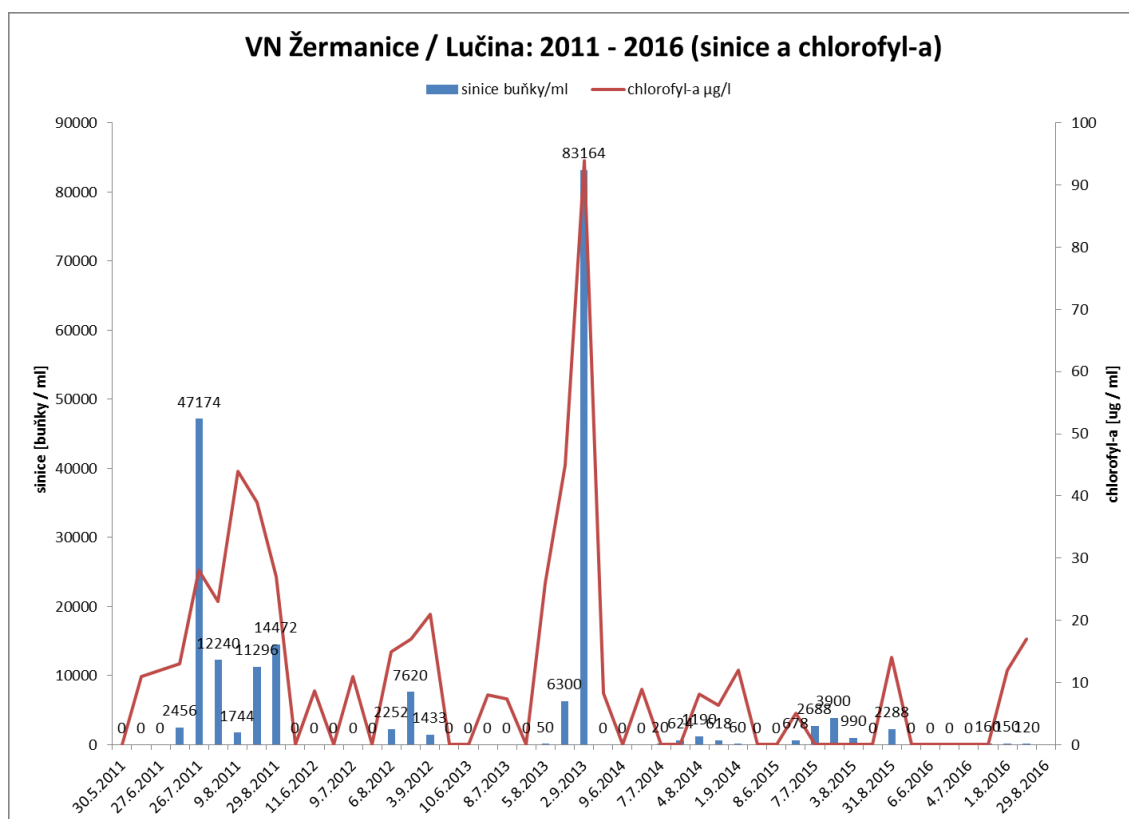
Příloha 6 - Olešná 2012-2015: Ukázka výskytu sinic r. Anabaena vždy ke konci koupacích sezón [48]



Příloha 7 - Žermanice 2011: ukázka mikroskopického obrazu dle konkrétního množství buněk [48]



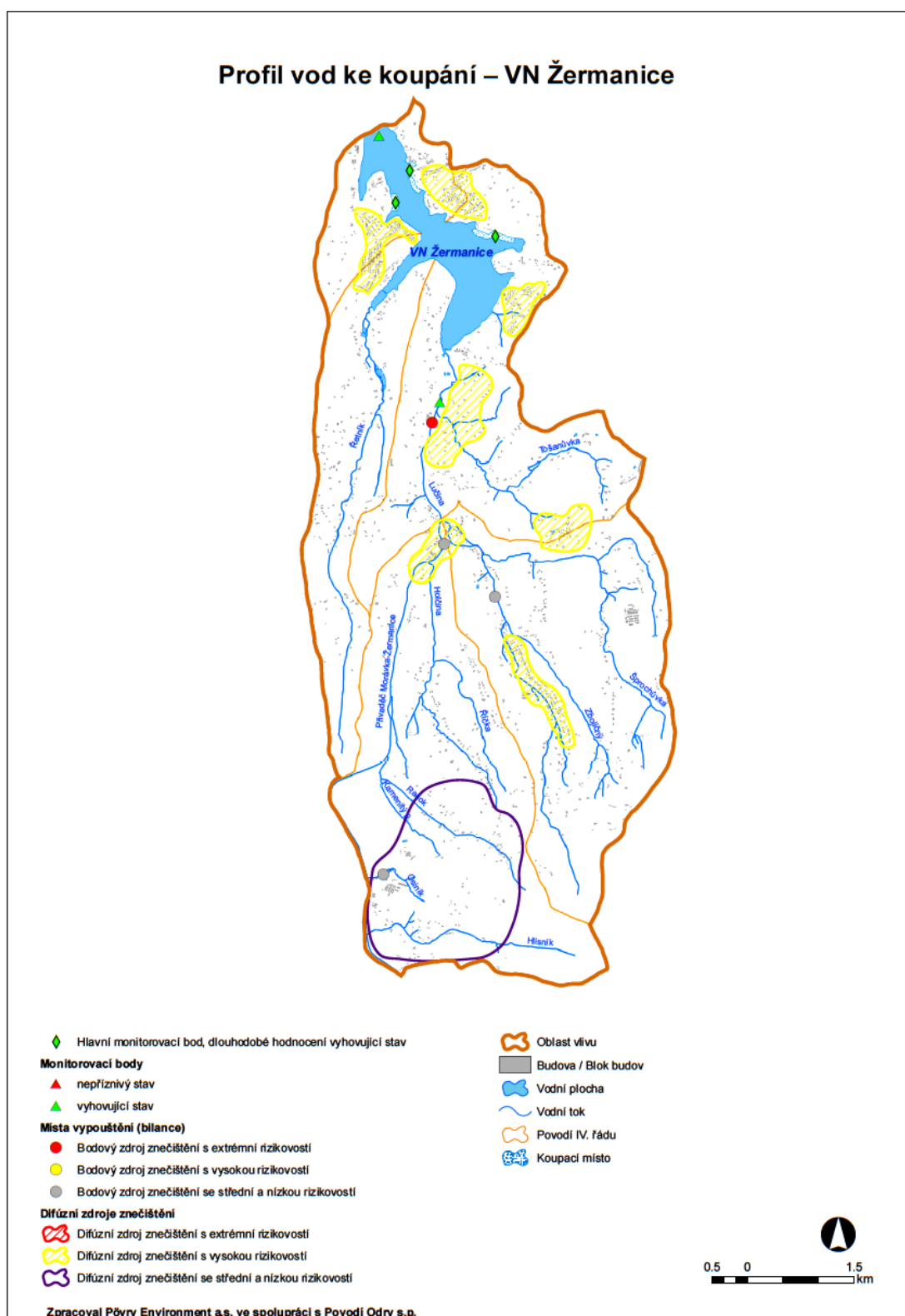
**Příloha 8 - Olešná 2012: ukázka mikroskopického obrazu dle škály 0-4 (bez výskytu/ ojediněle/ hojně/ dominantně) [48]**



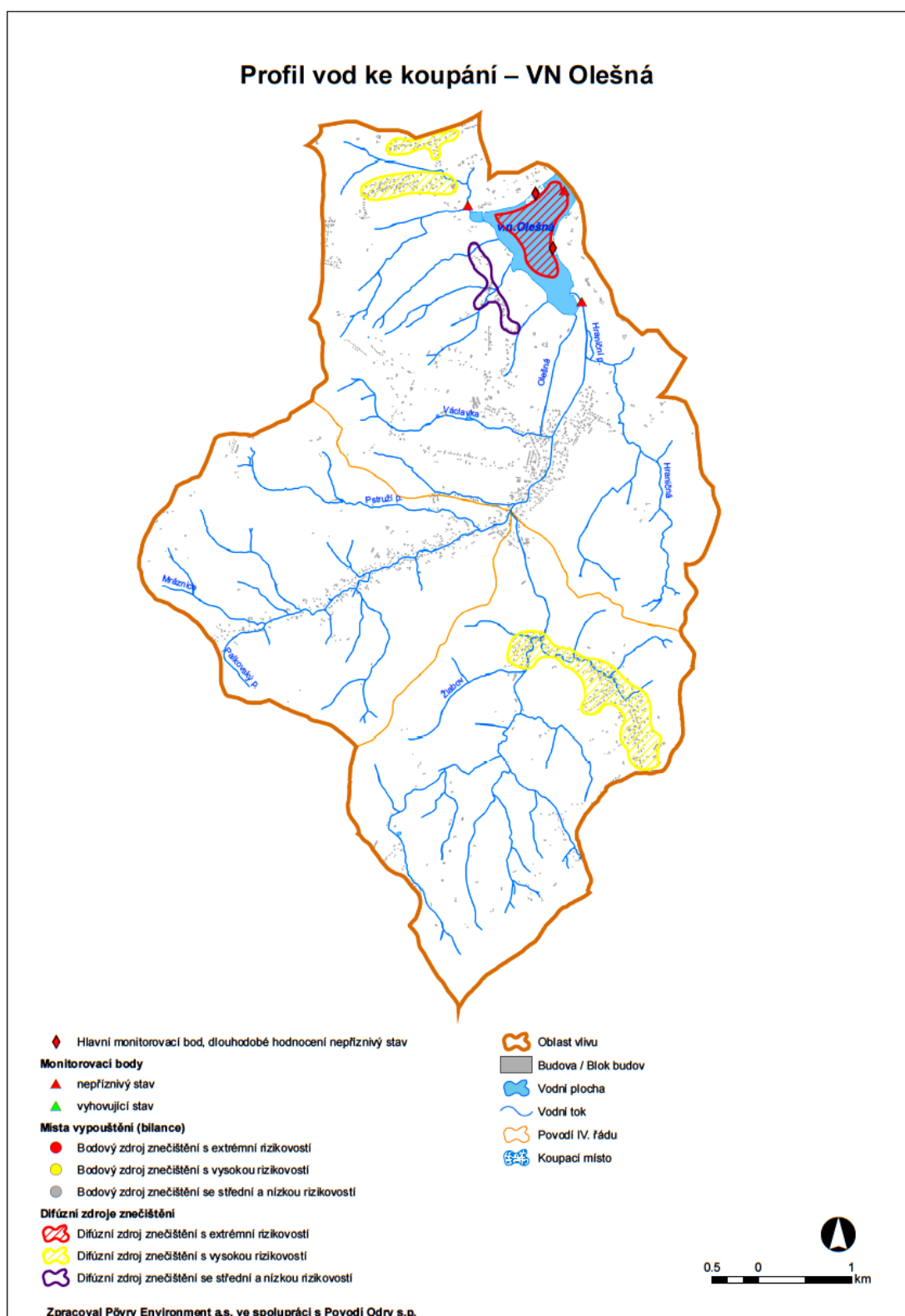
**Příloha 9 - Žermanice 2011 - 2016: ukázka sinic a chlorofylu-a [48]**







Příloha 11 – Oblast vlivu, přítoky do VN Žermanice [46]



Příloha 12 – Oblast vlivu, přítoky do VN Olešná [46]